Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XX. Jahrgang. **Sechstes Heft.** November 1907.

Ein Farbengalvanoskop.

Von
H. Lüdtke in Altona (Elbe).

A. Einleitung.

1. Das von H. Rebenstorff beschriebene Farbenthermoskop (ds. Zeitschr. *IX 1896, 237 und XV 1902, 145*) kann auch auf dem Gebiete der Elektrizitätslehre bei „einigen Gelegenheiten“ zur zweckmäßigen Benutzung kommen, wie schon der Erfinder (a. a. O. S. 153) berichtet. „So kann man die Erhitzung an schlechten Kontakten durch Anlegen eines Farbblattes beobachten lassen.“ „Zur Demonstration der Erwärmung der verschiedenen Stellen einer stromdurchflossenen Geißlerschen Röhre sowie zum Nachweis der Erhitzung der Glaswand einer Hittorfschen Röhre durch aufprallende Kathodenstrahlen ist das Farbenthermoskop besonders bequem.“ Natürlich auch zur Demonstration der Erwärmung der Glaswand einer elektrischen Glühlampe. Grimsehl (Sonderh. ds. Zeitschr. I, S. 50) benutzt z. B. das Farbenthermoskop, um an Glühlampen mit Wasserstoffüllung die im Vergleich zu andern Gasen gute Wärmeleitung des Wasserstoffs zu zeigen.

2. Erwärmung guter Leiter. Einige andere Fälle zweckmäßiger Benutzung der Farbblätter in der Elektrizitätslehre sind auch ohne weiteres gegeben, z. B. die Demonstration der Erwärmung stromdurchflossener Drähte, Kohlen- und Graphitstifte oder anderer Leiter in gewissen Fällen (siehe Rebenstorff, a. a. O. 1896, S. 227 unten).

3. Erwärmung eines Elektrolyten. In dem Grundriß der Chemie von Rüdorff-Lüpke 1902, S. 52 ist der einfache Versuch, daß warmes Wasser von 80° leichter als kaltes von 10° ist, so beschrieben: „Bringt man in ein Becherglas, an dessen Außenseite ein mit gelbem Silberquecksilberjodid bedeckter Papierstreifen angeklebt ist, zur Hälfte Wasser von 10° und schichtet auf dieses sorgfältig mittels einer Korkscheibe Wasser von 80° auf, so wird die obere Hälfte des Papierstreifens infolge der Erwärmung rot.“ Bequemer wird dieser Versuch, wenn man die Flüssigkeit in der oberen Hälfte des Becherglases elektrisch erwärmt. Dem Wasser wird etwas Schwefelsäure zugesetzt, und dann wird mittels kurzer Platin- bzw. Bleielektroden ein kräftiger elektrischer Strom durch die obere Flüssigkeitshälfte geschickt, so daß nach kurzer Zeit die gewünschte Rotfärbung der oberen Hälfte des angeklebten Papierstreifens eintritt. Vielleicht noch vorteilhafter ist der Zusatz von Natronlauge zum Wasser und die Verwendung von Nickelelektroden. In der Elektrizitätslehre wird man diesen einfachen Apparat benutzen können, um zu zeigen, daß auch leitende Flüssigkeiten durch den elektrischen Strom erwärmt werden. Ferner zeigt der Versuch, daß die elektrischen Stromlinien zum größten Teil auf dem kürzesten Wege von der Anode zur Kathode gehen; nur ein kleiner Teil durchsetzt die untere Flüssigkeit. Ebenso einfach ist es, wenn man zum Nachweis der Erwärmung eines Elektrolyten beim Stromdurchgange das Farbblatt um ein rundes Holzstäbchen wickelt, in ein Reagenzglas bringt, so daß es dessen Wandungen eng

anliegt, und dies dann in die erwärmte Flüssigkeit taucht; besonders zu empfehlen, wenn das Gefäß, in dem die Elektrolyse vor sich geht, dickwandig ist, und ein außen angeklebtes Farbblatt erst spät die Erwärmung der Flüssigkeit anzeigen würde.

4. Erwärmung eines Elements. Erwähnt mag noch werden, daß die in einem Element, besonders wenn es durch einen Kupferdraht kurz geschlossen ist, entstehende Erwärmung in ähnlicher Weise gezeigt werden kann; am besten benutzt man auch hierbei statt eines dickwandigen Elementenglases wie oben ein Becherglas. Will man den Versuch nicht allzulange ausdehnen, so wendet man mit Vorteil die von Rebenstorff angegebene Vorschrift an, das Farbblatt vor dem Anlegen an die Glaswand über einer Flamme zu röten. Die Färbung verschwindet an dem erwärmten Teile des Gefäßes nicht schon bei 45°, sondern erst bei 33°. Eine geringere Temperaturerhöhung läßt sich auf diese Weise mit den Farbblättern also auch sichtbar machen.

5. Wärme beim magnetischen Tönen. Schickt man den Strom einer Wechselstrommaschine oder intermittierenden Gleichstrom durch eine Magnetisierungsspule, in welcher sich ein herausziehbarer Zylinder aus weichem Eisen befindet, so tritt bekanntlich das galvanische Tönen ein; gleichzeitig beobachtet man, da die Molekularmagnete des Eisens in beständiger Bewegung sind, eine beträchtliche Erwärmung des Eisens; diese wird am einfachsten durch Anlegung eines Papierblattes mit wärmeempfindlichem Farbanstrich demonstriert. Die thermoskopischen Farbblätter sind eben wie Rebenstorff treffend bemerkt (ds. Zeitschr. *XV 147*) für die Klasse annähernd dasselbe, was für den allein Experimentierenden das Wärmegefühl der Hand ist.

6. Thomsonscher Ring. Wird über das aus der Magnetisierungsspule des letzten Versuchs herausragende Ende des Eisenkerns ein leichter Metallring geschoben, so wird er bekanntlich fortgeschleudert, sobald ein kräftiger Wechselstrom die Spule durchfließt. Hält man den Ring fest, so daß er sich von der Magnetisierungsspule nicht entfernen kann, so erwärmt er sich bedeutend. Um die Temperaturerhöhung sichtbar zu machen, werden Apparate in den Handel gebracht, denen ein Ring beigegeben ist, der in seinem Innern eine leicht schmelzbare Metallegierung enthält; diese läßt sich nach erfolgter Erwärmung des Ringes ausgießen. Einfacher ist es natürlich, eins unserer Farbblätter an den Thomsonschen Ring zu legen, um die Erwärmung sichtbar zu machen; man erspart dabei auch die Ausgaben für einen überflüssigen Nebenapparat.

7. Erwärmung durch Foucaultsche Ströme. Desgleichen wird in der Lehre von den Foucaultschen Strömen empfohlen, um die Wärmewirkung zu zeigen, die durch diese Ströme in geschlossenen Metallmassen erzeugt wird, einen Kupferhohlzylinder, angefüllt mit Woodschem Metall, zwischen den Polen eines kräftigen Elektromagneten mit der Schwungmaschine in schnelle drehende Bewegung zu versetzen und die flüssige Metallegierung dann auszugießen. Auch hier ist es einfacher, einen massiven Kupfer- oder Messingzylinder zwischen den Magnetpolen rotieren zu lassen und die Erwärmung des Metalls durch Anlegen eines thermoskopischen Farbblattes zu zeigen.

B. Das Stanniolgalvanoskop.

1. Bei meiner Arbeit „Über elektrische Stromlinien“ (Beilage zum Progr. d. Altonaer Realgymn. 1905, Progr.-Nr. 340) bin ich auf den Gedanken gekommen, den Verlauf der elektrischen Stromlinien in einem Blatte Stanniol mit dem Looserschen Thermoskop zu demonstrieren. Nachträglich habe ich jetzt auch versucht, Rebenstorffs

Farbenthermoskopblätter zu demselben Zwecke zu gebrauchen. Das Stanniolblatt B wird auf ein glattes Holzbrettchen oder ein dickes Stück Pappe von passender Größe gelegt, das Farbblatt wird darauf gelegt und mit Reißzwecken befestigt. Der Strom wird durch die Kupfer- oder Messingblechstreifen A_1 A_2, die mit angelöteten Kupferdrähten versehen sind, dem Stanniol zugeführt. Diese Blechstreifen müssen eben und blank sein. Damit vollkommene Berührung erfolgt, empfiehlt es sich, mehrere Lagen Stanniol unter den Blechstreifen anzubringen und diese durch Schrauben oder Klammern auf die Stanniolunterlage zu pressen. Es genügen zu dem Zweck Klammern, wie sie in der Photographie Verwendung finden. Ist der Stanniolstreifen B nicht zu breit und dick, so kann man bei genügender Stromstärke leicht eine Rotfärbung des gelben Farbblattes C erzielen. So hergerichtete Stanniolstreifen lassen sich zur Darstellung der mannigfachsten elektrischen Strömungserscheinungen öfters mit Vorteil gebrauchen, ähnlich wie Grimsehl in dem Sonderheft I ds. Zeitschr. die Glühlampe zu den verschiedensten physikalischen Demonstrationen benutzt. Hat man einen kleinen Vorrat an geeigneten Pappstückchen, photographischen Klammern und besonders an Kupferblechstreifen mit angelöteten Drähten, so ist die Zusammenstellung und Herrichtung der Versuche meist mühelos. Eine Beschädigung oder Zerstörung der Stannniolstreifen infolge zu starker Stromzuführung ist von keiner großen Bedeutung, da die Streifen ja fast wertlos sind. Ein solcher Apparat (Fig. 1) kann als Galvanoskop, ja sogar als primitives Amperemeter im Unterricht Verwendung finden, weniger gut natürlich als Voltmeter wegen des geringen inneren Widerstandes; man müßte schon sehr lange und ganz schmale Stanniolstreifen verwenden. Besser ist es, für diesen letzteren Zweck ein Voltmeter zu gebrauchen oder, wie Grimsehl es tut, Glühlampen. Auch als einfaches Amperemeter ist dies Stanniolgalvanoskop nur in gewissen Fällen vorteilhafter als sonstige Instrumente.

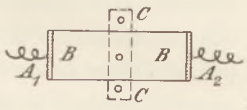


Fig. 1.

2. Parallelschaltung von Elementen. Zur Demonstration der Wirkungsweise zweier parallelgeschalteter Elemente oder anderer Stromquellen ist zwischen den positiven Polen zweier Akkumulatoren der 2 cm breite Stanniolstreifen AB und zwischen den negativen Polen der genau gleiche Streifen CD ausgespannt; ein darüber gelegtes Farbblatt zeigt keinen Strom an, wohl aber, wenn sich als Brücke zwischen AB und CD der Stanniolstreifen $KLMN$ befindet. Ist dieser auch 2 cm breit, so ist die Rotfärbung in $KLMN$ stärker als auf AB und CD; ist er aber 4 cm breit, so ist die Färbung in der Mitte gleich der auf AB und CD. Man sieht deutlich, wie die Hälfte des Stromes in der Brücke aus dem einen Element und die andere aus dem anderen Akkumulator stammt. In O und P befinden sich dreieckige Flecken, die ungefärbt bleiben, in den Ecken $KLMN$ ist die Stromdichte und mithin auch die Erwärmung dafür um so größer. Die Vereinigung zweier elektrischer Ströme erinnert an die Vereinigung zweier Wasserläufe. Die Erscheinung ist nicht unwichtig, da ja auch im Grammeschen Ring einer magnetelektrischen Maschine in beiden Hälften entgegengesetzte Ströme entstehen, die sich gegenseitig vernichten, wenn keine Außenleitung vorhanden; ist diese aber da, so biegen die Ströme beider Hälften um und fließen in gemeinschaftlicher Richtung in die äußere Leitung. Dieses Umbiegen zweier entgegengesetzt gerichteter Ströme in die neue Bahn wird hier gut veranschaulicht.

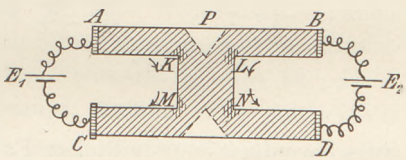


Fig. 2.

3. Stromverzweigung. Zur Demonstration der Stromverzweigung lassen sich verschiedene Versuche mit unserem Stanniol- und Farbengalvanoskop ausführen. Man schicke einen elektrischen Strom durch zwei parallelgeschaltete Stanniolstreifen (Fig. 3), die aus demselben Stück geschnitten sind, dieselbe Breite, aber verschiedene Länge haben. Bei passender Wahl der Stromstärke sieht man, daß ein darüber mit Heftzwecken angebrachtes Farbblatt nur über dem kurzen Streifen seine Farbe ändert, also $i_1 : i_2 = w_2 : w_1$. Man kann auch über AB gelbes Silberquecksilberjodidpapier und über CD rotes Kupferquecksilberjodidpapier anbringen und wird es erreichen können, daß unten eine Temperatur über 70°, oben nur eine von eben 45° erzielt wird. Lehrreich erscheint mir auch der entsprechende Versuch mit zwei parallelgeschalteten Stanniolstreifen gleicher Länge, aber verschiedener

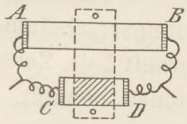


Fig. 3.

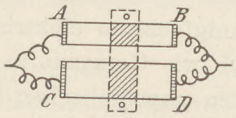


Fig. 4.

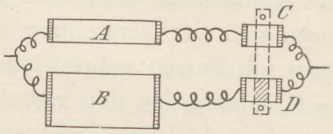


Fig. 5.

Breite (Fig. 4); hierbei pflegen die Schüler zunächst meist falsch zu raten, was eintreten wird. Ändert man den Versuch so ab, wie Fig. 5 zeigt, daß die Farbblätter nicht über die Stanniolstreifen selbst gespannt werden, sondern über zwei genau gleiche vorgeschaltete Streifen C und D, die als Amperemeter dienen, so ändert sich natürlich die Erscheinung, und man zeigt, daß der breitere Streifen den kleineren Widerstand hat; die Verbindungsdrähte dürfen aber keinen merklichen Widerstand haben, müssen also kurz und dick und in beiden Zweigen möglichst gleich sein. In Fig. 6 sind A, B und C drei genau gleiche Streifen; es geht durch C doppelt so viel Strom wie durch A oder B einzeln; Hinweis auf $\Sigma i = 0$ bei jeder Stromverzweigung. Auch hier könnte wieder über A und B gelbes und über C

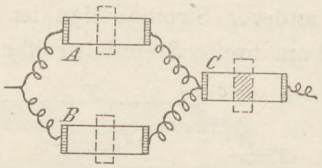


Fig. 6.

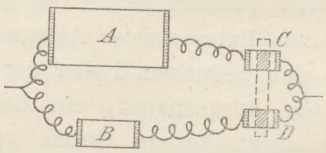


Fig. 7.

rotes, weniger empfindliches Farbpapier ausgebreitet werden. Schickt man zu viel Strom durch die Anordnung, so brennt selbstverständlich C durch und nicht A oder B. Auch der Versuch Fig. 7 ist empfehlenswert. Die Amperemeterstreifen C und D zeigen gleiche Erwärmung an, wenn das Stanniolblatt A doppelt so lang und doppelt so breit wie B ist; A und B haben gleichen Widerstand. C und D sind zweckmäßig von derselben Breite wie B; von den Verbindungsdrähten gilt das oben bei Fig. 5 Gesagte. Hieran könnten im Unterricht einige weiter unten besprochene Versuche unmittelbar angeschlossen werden, z. B. der Vergleich der Leitfähigkeit eines 1 m langen und 1 mm dicken Eisendrahtes — statt A in Fig. 5 — mit der eines gleichartigen Kupferdrahtes, B in Fig. 5.

4. Ohmsches Gesetz und Stromeffekt. Ein recht langer, dünner Stanniolstreifen von 1 cm Breite wird in den Stromkreis eines Akkumulators geschaltet, wobei ein auf das Stanniol gelegtes Farbblatt noch nicht rot gefärbt wird. Wenn nun die eine Kupferelektrode der andern allmählich genähert wird, so wird die Stromstärke größer, schließlich würde das Stanniol sogar durchbrennen. Vorher

schon läßt sich auf dem Streifen eine Stelle finden, bei der unser Farbengalvanoskop gerade eine deutliche Rotfärbung anzeigt. Die Stromstärke bei dieser Stellung der Elektroden wollen wir 1 nennen, ebenso sei der Widerstand des Stanniolstreifens 1 und die erzeugte Wärmemenge gleich der Einheit, bei Verwendung der Klemmspannung eines Akkumulators. Schalten wir jetzt einen zweiten, genau gleichen Streifen dem ersten parallel, oder nehmen wir einen doppelt so breiten Streifen, so beobachten wir dieselbe Rotfärbung. Wir haben bei gleicher Spannung den halben Widerstand, die doppelte Stromstärke und die doppelte Wärmemenge. Werden zwei Streifen hintereinander geschaltet, so ist der Widerstand verdoppelt, die Stromstärke $^1/_2$, und eine Rotfärbung tritt nicht ein. Verdoppeln wir aber die Spannung, indem wir 2 Akkumulatoren verwenden, so erhalten wir die gleiche Rotfärbung wie vorher, d. h. wieder die Stromstärke 1 wie anfangs, aber die Wärmemenge 2 wie bei dem zweiten Versuch. Ähnlich kann man nun fortfahren: 1 Akkumulator, 3 Streifen einfacher Länge parallel geschaltet, $i = 3$, Widerstand $^1/_3$, Wärmemenge 3; oder 3 Akkumulatoren, 3 Streifen in Serie, also $i = 1$, Widerstand $= 3$, Wärmemenge $= 3$; auch wohl noch 2 Akkumulatoren, 2 Streifen doppelter Länge parallel geschaltet, $i = 2$, Widerstand $= 1$, Wärmemenge $= 4$ und schließlich 2 Akkumulatoren, 3 Streifen doppelter Länge parallel, $i = 3$, Widerstand $= ^2/_3$, Wärmemenge $= 6$. Hieraus ergibt sich also die Tatsache, daß der Widerstand eines Leiters mit der Länge zu- und mit dem Querschnitt abnimmt; ferner läßt sich das Ohmsche Gesetz $i = e/w$ anschließen und ableiten, daß die Wärmemenge, die in einem stromdurchflossenen Leiter entwickelt wird, gleich $e \cdot i$, d. h. gleich dem Produkt Spannung $\times$ Stromstärke ist. Noch weiter hierauf einzugehen, ist überflüssig, da es sich hier nur darum handelt, zu zeigen, daß auch unser Stanniol- oder Farbengalvanoskop für derartige Versuche passende Verwendung finden könnte.

5. Joulesche Wärme. Für die direkte Ableitung des Jouleschen Gesetzes, Wärmewirkung gleich $i^2 w$, schalte ich zunächst Stanniolstreifen von 16 cm und 32 cm Länge und 1 cm Breite hintereinander in den Stromkreis zweier in Serien geschalteter Akkumulatoren, wobei ein darüber gespanntes Farbblatt rot gefärbt wird. Diese Stromstärke wollen wir 1 nennen; der erste Streifen soll den Widerstand 1 haben, dann hat der zweite den Widerstand 2. In dem ersten Streifen habe sich die Wärmemenge 1 entwickelt, in dem zweiten herrscht dieselbe Temperatur, also ist, da er doppelt so lang ist, in ihm die Wärmemenge 2 erzeugt worden. Die entstehende Wärmemenge ist also dem Widerstande proportional, wenn die Stromstärke dieselbe ist. Nun schalte man wie in Fig. 4 den 48 cm langen Streifen AB von 1 cm Breite und CD von gleicher Länge, aber 2 cm Breite parallel wieder in die Strombahn der 2 Akkumulatoren, so haben wir bei gleicher Klemmspannung wie vorher schließlich dieselbe Temperaturerhöhung. In AB besteht die Stromstärke 1, der Widerstand 3; in CD Stromstärke 2 und Widerstand 1,5. Die erzeugte Wärmemenge ist nun nicht in beiden Zweigen gleich, sondern gleich 3 Einheiten in AB und gleich 6 unserer willkürlichen Wärmeeinheiten in CD. Also kann die Wärmewirkung des Stromes nicht gleich $i w$ sein, sondern ist $i^2 w$; denn $i w = 3$ in jedem Zweige; aber $i_1^2 w_1 = 3$ und $i_2^2 w_2 = 6$. Entsprechend könnte noch dem 1 cm breiten Streifen AB in Fig. 4 von 48 cm Länge ein ebenso langer Streifen CD von 3 cm Breite parallel geschaltet werden, dann sind $i_1 = 1$, $w_1 = 3$ wie vorher, aber $i_3 = 3$; $w_3 = 1$ und die Wärmemengen $i_1^2 w_1 = 3$ und $i_3^2 w_3 = 9$, d. h. in CD die dreifache Wärmemenge wie in AB, wie der Augenschein beweist. Selbstverständlich dürfen im Anschluß an eine solche mit verhältnismäßig groben Mitteln arbeitende Demonstration genauere kalorimetrische

Versuche nicht unterlassen werden; letztere eignen sich aber mehr für die Schülerübungen.

6. Wheatstonesche Brücke. Ein weiterer Stromverzweigungsversuch, der zunächst überflüssig erscheinen mag, ist in der Fig. 8 dargestellt; allerdings soll zwischen C und D zunächst noch keine Verbindung bestehen. Die Zweige AC, AD und BC enthalten gleiche Stanniolstreifen, der Zweig BD einen entsprechenden Streifen doppelter Länge. Fragt man nun im Unterricht, ob $i_1 > i_3$ oder $i_3 < i_1$, so wird man oft die Antwort hören $i_1 = i_3$, da ja der Widerstand $w_1 = w_3$ ist. Es wird dabei nicht berücksichtigt, daß auch die Widerstände w_2 und w_4 zu beachten sind; $i_1 : i_3 = (w_3 + w_4) : (w_1 + w_2)$[1]).

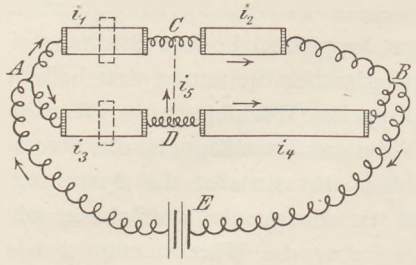


Fig. 8.

Zur Veranschaulichung der Wheatstoneschen Brücke benutze ich zunächst im Unterricht Stanniolfiguren zwischen Kupfer-„Elektroden", wie sie in den Fig. 9 bis 15 gezeichnet sind; darüber werden Farbblätter wie in den bisherigen Versuchen gespannt. Mit Benutzung des elektrischen Anschlusses und eines geeigneten Vorschaltwiderstandes wird ein Strom von passender Stärke durch die Blätter geschickt.

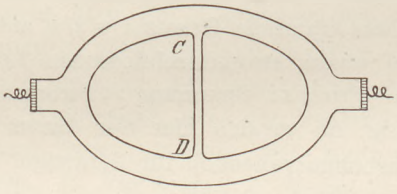


Fig. 9.

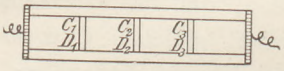


Fig. 10.

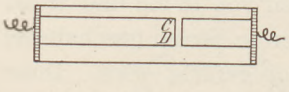


Fig. 11.

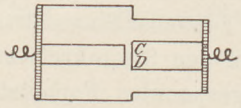


Fig. 12.

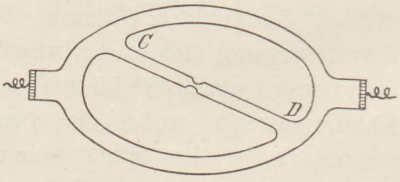


Fig. 13.

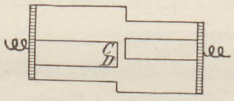


Fig. 14.

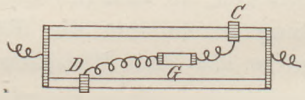


Fig. 15.

In den Fig. 9—12 bleibt die Brücke CD stromlos, in den übrigen, wie leicht ersichtlich, nicht. Fig. 9 und 13 sind besonders geeignet, Vergleiche mit strömendem Wasser anzustellen. Bei Benutzung der Fig. 14 kann es empfehlenswert sein, das Farbblatt, welches auf die Brücke gelegt wird, vorher über einer Flamme zu röten, da die Stromstärke in der Brücke geringer als in den übrigen Zweigen ist. Wenn bei Fig. 14 das Farbblatt so groß ist, daß es dicht anliegend die ganze auf einem Brettchen liegende Stanniolfigur bedeckt, so erhält man eine recht charakteristische Darstellung der Verteilung der Stromdichte; natürlich darf dann das Farbblatt nicht vorher angewärmt sein. Ähnliches gilt für Fig. 12. In Fig. 13 empfiehlt es sich, in der

[1]) Den oben erwähnten Fehler macht auch Fr. Weinig (Hohenlimburg) in dem Aufsatz: „Zwei Stromverzweigungsgesetze in elementarer Behandlung" (Natur und Schule, III 1, S. 41).

Brücke CD eine schmale Stelle anzubringen und das Farbblatt darüber zu befestigen. Ebenso ist in Fig. 15 das Stanniol-Farbengalvanoskop G nicht allzu groß, etwa 1 cm breit und 4 cm lang, zu wählen, und die Drähte DG und GC müssen von genügender Dicke sein. Selbstverständlich geben diese Versuche, die bei hinreichender Vorbereitung im Unterricht sehr wenig Zeit in Anspruch nehmen, nur das Äußere der Wheatstoneschen Brücke wieder und veranschaulichen die Methode, ohne darüber Aufschluß zu geben, daß die Messung des elektrischen Leitungswiderstandes einen hohen Grad der Genauigkeit erreichen kann. Das muß durch andere Versuche dem Verständnis der Schüler näher gebracht und durch Schülerübungen hinreichend befestigt werden.

7. Kompensationsmethode. Als einleitenden Versuch bei der Besprechung der Kompensationsmethode zur Messung elektromotorischer Kräfte von Elementen mache ich folgendes Experiment. Ein möglichst langer T-förmiger Stanniolstreifen von 1 cm Breite befindet sich in dem Stromkreise zweier in Serie geschalteter Akkumulatoren, und zwar ist A (Fig. 16) mit dem + und B mit dem — Pol der Batterie verbunden; der Ansatz DC ist ziemlich kurz. Die Farbblätter, welche zwischen AD und BD das Stanniol bedecken, zeigen eine gleichmäßige Rotfärbung. Die Frage, was geschehen wird, wenn zwischen A und C noch ein Akkumulator parallel (bei A der + Pol) geschaltet wird, beantworten die Schüler zunächst so, daß DC jetzt auch erwärmt wird, und das Farbblättchen zwischen A und D eine stärkere Erwärmung als das zwischen D und B zeigen wird. Der Versuch lehrt, daß sich nichts trotz des Einschaltens des Elementes zwischen A und C ändert; die Schüler vermuten zunächst, daß vielleicht irgend ein Kontakt gelockert ist. Löst man nun die Verbindung bei B, so rötet sich der Farbstreifen zwischen C und D, während der zwischen D und B allmählich wieder gelb wird. An die Erklärung der Erscheinung schließt sich dann die Messung der elektromotorischen Kraft eines Elementes mit Benutzung eines Meßdrahtes und eines Galvanoskopes. Unser letzter Versuch läßt sich zweckmäßig so abändern, daß zunächst an AB 3 Elemente gelegt werden, und der Streifen unten 2 Ansatzstreifen in $^1/_3$ und $^2/_3$ Entfernung von A hat. Bei Benutzung von Akkumulatoren läßt sich AB dann aber nicht gut mehr aus einem Stück Stanniol der gewöhnlich im Handel vorkommenden Sorte anfertigen.

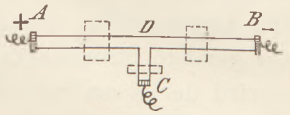


Fig. 16.

8. Dreileitersystem. Derselbe oder ein ähnlich hergerichteter Stanniolstreifen kann bei Besprechung des Dreileitersystems unseres elektrischen Anschlusses an die städtische Zentrale Benutzung finden. Wird A mit dem + 108-Voltleiter und C mit dem Mittel- oder Nulleiter unter Benutzung eines passenden Vorschaltwiderstandes verbunden, so zeigt sich die in Fig. 17 skizzierte Erscheinung, wenn möglichst der

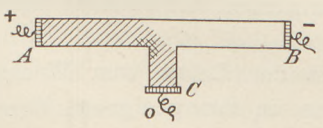


Fig. 17.

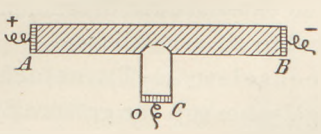


Fig. 18.

ganze Stanniolstreifen mit einem Thermoskopblatt bedeckt ist. Ähnlich ist die entsprechende Erscheinung, wenn B mit dem — 108-Voltleiter und C mit dem Mittelleiter oder auch der Gasleitung unter Benutzung eines gleichen Vorschaltwiderstandes wie soeben verbunden ist. Hierauf wird man auch A wieder mit dem + 108-Voltleiter verbinden, wobei sich Fig. 18 ergibt; es ist gleichgültig, ob C geerdet ist oder nicht.

Sind die Vorschaltwiderstände von A und B nicht gleich, so fließt auch durch DC etwas Strom zum Mittelleiter, der durch die Erwärmung eines schmalen Stanniolstreifens nachgewiesen werden kann, besser wohl aber durch ein nicht zu empfindliches Vertikalgalvanoskop, welches zwischen C und den Mittelleiter geschaltet wird und verschiedene Stromrichtung anzeigt, je nachdem bei A oder B mehr Widerstand vorgeschaltet ist. Ohne Besitz des elektrischen Anschlusses zeigt man dieselben Erscheinungen, indem man zunächst A mit dem + Pol und C mit dem — Pol eines Akkumulators verbindet; dann wird C mit dem + Pol und B mit dem — Pol eines zweiten Akkumulators verbunden, und drittens A mit dem + und B mit dem — Pol der beiden in Serie geschalteten Akkumulatoren, wobei es gleichgültig ist, ob C mit dem Verbindungsdraht beider Elemente leitend verbunden ist oder nicht, usw.

9. Die maximale Belastung eines Leitungsdrahtes hängt von der Umgebung, d. h. von der äußeren Wärmeleitung des Drahtes, ab. Dies zeige ich folgendermaßen. Ein dünner Eisendraht und ein Stanniol-Farbengalvanoskop werden hintereinandergeschaltet mit dem elektrischen Anschluß verbunden, so daß zunächst nur eine geringe Stromstärke vorhanden ist. Verstärkt man ganz allmählich den Strom, so wird der Eisendraht schließlich glühend und brennt durch, während der nicht zu schmal gewählte Stanniolstreifen noch nicht auf 45° erwärmt ist. Wiederholt man den Versuch mit einem genau gleichen Eisendraht, der bis an die angelöteten Zuleitungsdrähte aus Kupfer in Wasser taucht, so kann selbst ein recht breiter Stanniolstreifen stark erwärmt werden, ohne daß der Eisendraht durchbrennt. Bei genügend großer Stromstärke zischt der Draht im Wasser, und der breite Stanniolstreifen brennt durch. Da auch die Luftströmungen abkühlend wirken, so kann der Drahtquerschnitt bei Freileitungen kleiner gewählt werden als in Kabeln für die gleiche Belastung. Hierbei sind auch die in Artikel 2 besprochenen Versuche vielleicht einiger Beachtung wert.

Auf unser Stanniolgalvanoskop wird ein dicht anliegendes Farbblatt gelegt bzw. mit Heftstiften auf der Unterlage befestigt; sodann wird noch ein Glaswürfel oder ein photographisches Beschneideglas auf das Farbblatt gelegt. Bei passender Wahl der Stromstärke kann man es erreichen, daß da, wo das Glas aufliegt, noch keine Rotfärbung eintritt, während diese rechts und links davon schon zu sehen ist Das Glas muß auch miterwärmt werden, daher die Verzögerung. In den Kabeln wirkt somit die isolierende Hülle zunächst auch temperaturvermindernd. Setzt man statt des Glasstückes auf das Farbblatt etwa ein Messinggewicht, so zeigt sich noch deutlicher bei kurzem Abheben eine gelbe Stelle, während ringsum alles rot ist. Hierbei könnte daran erinnert werden, daß in der Elektrotechnik versucht ist, zu Leitungszwecken eine Art Metallgewebe zu benutzen, das in der Leitungsrichtung aus Kupferdrähten und senkrecht dazu aus Eisen besteht; letzteres hat nur den Zweck, einen Teil der entstehenden Wärme in sich aufzunehmen und so eine höhere Belastung der Kupferdrähte zu ermöglichen.

10. Wechselstrom-Transformator. In der Lehre vom Wechselstrom ist das Stanniolgalvanoskop für größere Stromstärken ein ganz geeignetes Demonstrationsmittel. Aus der Breite des erwärmten Stanniolstreifens kann man einen ungefähren Schluß auf die Stromstärke ziehen. Für geringe Stromstärken eignen sich Glühlampen besser, und für ganz schwache Ströme ist bekanntlich das Telephon das einfachste Galvanoskop. Um die Transformation des Wechselstromes bei der Kraftübertragung zu zeigen, benutze ich die Anordnung der Fig. 19. Darin bedeutet $W.M.$ eine kleine Wechselstrommaschine bzw. einen Gleichstrom-Wechselstromtransformator,

R_1 und R_2 sind Schleifringe, von denen durch Federn der Strom abgenommen wird. Die Transformatoren T_1 und T_2 sind eigentlich Vierphasendrehstrommotoren, die von der Firma Kröplin & Strecker in Altona bezogen sind, Toroide von 12 cm äußerem und 8 cm innerem Durchmesser. Wird der primäre Wechselstrom durch eine Spule des Transformators T_1 geschickt, so wird in den hintereinandergeschalteten 3 anderen ein sekundärer Strom induziert, dessen Spannung dreimal so groß wie die an den Enden der primären Spule, und dessen Stromstärke gleich dem dritten Teil der des primären Stromes ist. Im Transformator T_2 wird der Strom wieder heruntertransformiert. Die Farbengalvanoskope F_1, F_2, F_3 sind einander gleich, nur wird man F_1 etwas breiter wählen können als die anderen, da mit der Transformation natürlich ein gewisser Verlust verbunden ist. Bei F_1 und F_3 ist Rotfärbung zu beobachten,

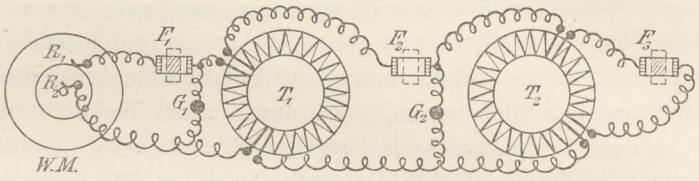


Fig. 19.

bei F_2 nicht. Um gleichzeitig die Spannungsänderung zu beobachten, sind in Mignonfassungen die Glühlampen G_1 und G_2 mit möglichst dünnem Kohlenfaden nach Art von Voltmetern in Nebenschluß an die Spulen des Transformators T_1 gelegt, wobei G_2 die höhere Spannung anzeigt. Man könnte noch 2 Spulen von T_1 in den primären und 2 in den sekundären Wechselstromkreis schalten und dieselbe Schaltungsänderung bei T_2 vornehmen; dann müßten F_1, F_2 und F_3 gleichmäßige Färbung zeigen, ein Versuch, der indes wenig praktische Bedeutung hat. Fließt hingegen der primäre und ebenso der tertiäre durch 3 Transformatorspulen, während der sekundäre in T_1 und ebenso in T_2 nur eine durchfließt, so ist die größere Stromstärke an F_2 zu beobachten. Wird übrigens unter Fortlassung der Farbengalvanoskope ein kräftiger Wechselstrom den kleinen Transformatormodellen bei obiger Anordnung einige Zeit hindurch zugemutet, so ist die Änderung der Stromstärke an den Transformatoren mit der Hand zu fühlen oder kann durch aufgelegte Farbblätter sichtbar gemacht werden. In T_1 ist die eine Spule links bald recht warm, während die drei andern kalt geblieben sind. Ähnliches gilt für T_2. Vorteilhaft für den Transformator ist der Versuch aber wohl nicht. Natürlich sind für diese Versuche auch Hitzdrahtinstrumente verwendbar; am einfachsten ist von diesen wohl das in Fig. 20 skizzierte, welches man leicht selbst anfertigen kann. BCF ist eine Holzleiste, B und C daran genagelte Blechstücke mit Zuleitungsdrähten, AB der Hitzdraht und $ADEC$ ein bei C angelöteter ungleicharmiger Hebel (am einfachsten aus einem alten Schirm); bei B eventuell noch eine Stellschraube. Für größere Stromstärken kann AB ein verhältnismäßig dicker Widerstandsdraht sein. Unsere Farbengalvanoskope haben aber den Vorzug, daß sie weniger Raum einnehmen als derartige Hitzdrahtinstrumente; sie machen daher die obige Anordnung übersichtlicher. Auch sind sie für größere Maschinen und Transformatoren gleich gut verwendbar, da man die Breite der Streifen nur dementsprechend zu wählen braucht. Schaltet man je ein Farbengalvanoskop in den primären und sekundären Stromkreis eines Induktionsapparates, so zeigt sich auch hier, daß die Stromstärke in dem primären Stromkreis recht groß

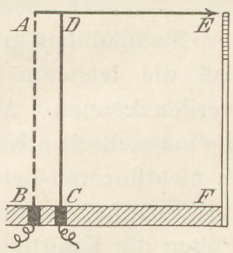


Fig. 20.

ist, während in dem sekundären selbst ein ganz schmaler Streifen nicht erwärmt wird. In ähnlicher Weise läßt sich bei den rotierenden Gleichstrom-Wechselstromumformern zeigen, daß die effektive Stromstärke des Wechselstroms geringer ist als die des Gleichstroms, $^1/_2\sqrt{2} : 1$, also 0,7 : 1 oder 7 : 10; man benutze also Farbengalvanoskope verschiedener Breite.

11. Selbstinduktion. Zur Demonstration der Selbstinduktion bzw. der durch sie hervorgerufenen Widerstandsvergrößerung diene folgender Impedanzversuch. M ist ein großer Elektromagnet oder noch besser ein Toroid mit einer Wickelung aus dickem Draht, W ein induktionsfreier Widerstand aus dickem Widerstandsdraht, G_1 und G_2 zwei gleiche Farbengalvanoskope. Ist der Ohmsche Widerstand von M gleich W, so zeigen bei Benutzung von Gleichstrom G_1 und G_2 gleich viel Strom in den beiden Zweigen an; schickt man aber Wechselstrom durch die Kombination oder auch intermittierenden Gleichstrom, etwa durch einen Wehneltunterbrecher mit Induktionsspule in dem Hauptstromkreis hervorgerufen, so wird G_2 stärker erwärmt Wählt man W etwas größer als den Widerstand von M, so läßt es sich so abpassen, daß bei Gleichstrom G_1, bei Wechselstrom G_2 stärker erwärmt wird. Vielleicht ist es bei diesem Versuch aber vorteilhafter, statt der Farbengalvanoskope 4 Voltglühlämpchen zu nehmen, dann kann man als Gleichstromquelle 2 Akkumulatoren benutzen, und als Wechselstromquelle genügt die von dem zoologischen Institut von Haferlandt in Berlin in den Handel gebrachte Turbine für alle Stromarten, siehe auch Leybolds Katalog 6922.

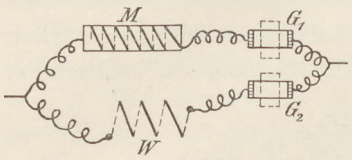


Fig. 21.

12. Drehstrom. In der Lehre vom Drehstrom kann man die Stern- und Dreiecksschaltung anstatt durch Glühlampen auch ganz passend durch einen Stern aus Stanniol (Winkelschenkel bilden 120°) und ein gleichseitiges Dreieck aus Stanniol unter Benutzung daraufgelegter Farbblätter demonstrieren. Bei Vierphasenwechselstrom hat man statt dessen einen vierstrahligen Stern und ein Quadrat aus Stanniol zu nehmen.

C. Elektrische Stromlinien.

1. Einleitung. Die Darstellung elektrischer Stromlinien nach den verschiedensten Methoden habe ich in der Beilage zum Programm des Altonaer Realgymnasiums 1905, Progr.-Nr. 340, ausführlicher behandelt. Bei der Darstellung der Stromlinien in Stanniolblättern kann das Feld mit zwei blanken Drähten, die zu einem Galvanoskop führen, untersucht werden oder aber durch flache Glaskapseln, die mit einem Looserschen Thermoskop verbunden sind; der in diesem Falle durch das Stanniolblatt geschickte Strom muß möglichst stark sein. Ich habe nun gefunden, daß die letzteren Erscheinungen auch mit dem Farbenthermoskop demonstriert werden können. Allerdings handelt es sich dabei nicht mehr darum, Linien, wie es die magnetischen Kraftlinien sind, hervorzurufen, sondern nur Strömungserscheinungen in nichtlinearen Leitern zu demonstrieren, die dadurch entstehen, daß die Stromdichte in diesen Leitern gerade so verteilt ist, wie in der Lehre vom Magnetismus in analogen Fällen die Kraftlinien angeben. Der Einfachheit wegen soll trotzdem von der Darstellung elektrischer Stromlinien gesprochen werden.

2. Homogenes Feld in Stanniol. Ist ein rechteckiger Stanniolstreifen zwischen Kupferelektroden ausgespannt und von einem Farbblatt überdeckt, so gibt dessen gleichmäßige Färbung beim Durchgange eines nicht zu schwachen Stromes an, daß alle Stromlinien parallel sind; das Feld ist homogen. Aus der Breite des

Stanniols, aus der Stärke der Farbenänderung und daraus, ob nur gelbes Papier oder auch rotes Kupferpapier eine Farbenänderung erleidet, kann man auf die Anzahl der Stromlinien einen Schluß ziehen.

3. Nicht homogene Felder kann man in der mannigfachsten Weise herstellen. So zeigt Fig. 22 ein Feld, bei dem die Stromlinien strahlenförmig von dem

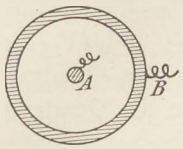


Fig. 22.

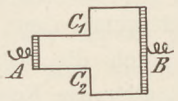


Fig. 23.

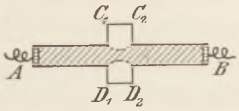


Fig. 24.

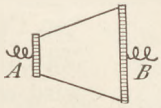


Fig. 25.

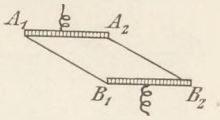


Fig. 26.

runden Kupferblech A ausgehen; A muß durch eine Schraube, die durch die Holzunterlage geht, oder durch ein Gewicht fest auf die Unterlage gepreßt werden, wobei unter A mehrere Lagen kreisförmiger Stanniolstücke angebracht sein müssen. B ist ein zu A konzentrischer Kupferring. Die Rötung erfolgt nur um A herum, das Feld entspricht dem eines einzelnen Magnetpoles. — Fig. 23—25 zeigen, daß die Stromdichte dort am kleinsten ist, wo das Stanniol am breitesten. Zu Fig. 23 ist noch zu bemerken, daß zunächst bei C_1 und C_2 und dicht bei A Rötung erfolgt, während die Mitte zwischen C_1 C_2 zuerst noch gelb bleibt; allmählich zeigt sich die Rötung aber auch hier und kann in einer Spitze bis zur Mitte von B vordringen. In Fig. 24 wird in der Mitte der Erweiterung CD auch eine leichte Farbenänderung sichtbar, ein Beweis dafür, daß die meisten Stromlinien geradeaus gehen, wenn C_1 C_2 nicht zu breit ist. In Fig. 25 kann man dicht bei A mit rotem Kupferpapier eine Erwärmung von 70°, in der Mitte mit gelbem Silberfarbpapier eine solche von 45° nachweisen, während bei B keine Farbenänderung zu beobachten ist. Daß an der schmalsten Stelle die Stromdichte am größten ist, folgt ja auch schon daraus, daß dort bei zu großer Stromstärke der Streifen durchbrennt. In Fig. 26 hat das Stanniolblatt die Form eines schiefwinkligen Parallelogramms, die größte Stromdichte ist in der Richtung der Diagonale $A_2 B_1$.

4. Spitzenwirkung. In Fig. 27 ist die Kupferelektrode B mit einer Spitze S versehen; die Linie von S nach der Mitte von A ist die Richtung der größten Stromdichte. Die Spitzenwirkung, von der in der Lehre von der Reibungselektrizität so viel gesprochen wird, ist ja immer zu beobachten, wenn ein Kraftfluß aus einem guten Leiter in einen ausgedehnten schlechteren Leiter übergeht; dann ist die Berührungsfläche der Elektroden maßgebend, und Spitzen haben eine große Oberfläche bei kleinem Querschnitt, dienen also besonders als Ausgangspunkt von Stromlinien, ebenso wie die Spitzen der Polschuhe für magnetische Kraftlinien. Man vergleiche aber Fig. 24 und 33 bis 37, die keine Spitzenwirkung zeigen.

Fig. 27.

5. Mehr als 2 Elektroden. Sind in Fig. 28 A und B mit dem einen, C mit dem anderen Pol einer Stromquelle verbunden, so zeigt zwischen A_1 A_2 und B_1 B_2 das darübergelegte Farbblatt keine Erwärmung an, zwischen A_1 und B_1 ist anfangs auch noch eine helle Einbuchtung nach oben. Wird C aber entfernt, und werden A und B mit verschiedenen Polen verbunden, so ist gerade zwischen ihnen die größte Erwärmung. In Fig. 29 ist die Elektrode A mit dem einen und B mit dem anderen Pol verbunden; ist B genau in der Mitte von AC angebracht, so zeigt das Farbblatt nicht bloß zwischen A und B, sondern auch zwischen BC große Erwärmung an; befindet

Fig. 28.

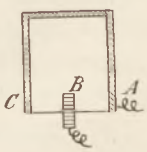


Fig. 29.

sich B näher an C, so ist die Erwärmung zwischen BC sogar größer als zwischen A und B.

In den Fig. 30 und 31 sind quadratische Stücke aus dünnem Stanniol mit 4 Kupferelektroden in den Ecken versehen und mit einem Thermoskopblatt überdeckt. Werden A und B mit dem positiven und C und D mit dem negativen Pol einer Stromquelle verbunden, so wird I, die Mitte von AB, und ebenso II, die Mitte von CD, kaum erwärmt, bedeutend aber III und IV, die Mitten der anderen Seiten; auch die Mitte des Quadrats wird etwas erwärmt. Werden aber die Ecken des Quadrats abwechselnd mit dem + und — Pol einer Stromquelle verbunden, so zeigen die Mitten aller Seiten gleiche Rotfärbung, während die Mitte des Quadrats gelb bleibt. Der Verlauf der Stromlinien in diesen letzten beiden Versuchen entspricht dem Verlauf der magnetischen Kraftlinien in parallel nebeneinanderliegenden Magneten.

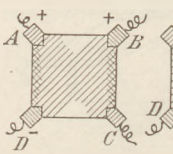


Fig. 30.

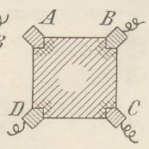


Fig. 31.

6. Drehstromfeld. Das gleichseitige Stanniolddreieck Fig. 32 mit Kupferelektroden in den Ecken dient zur Untersuchung eines Drehstromfeldes, die Mitte des Dreiecks wird weniger erwärmt als die Mitte irgend einer Seite. Dieser Versuch demonstriert dieselbe Erscheinung wie die, welche man beobachtet, wenn man an die Schleifringe eines Drehstromgenerators gleichzeitig 3 Glühlampen in Sternschaltung und 3 genau gleiche in Dreiecksschaltung legt, wobei die Lampen in Dreiecksschaltung heller brennen als die in Sternschaltung.

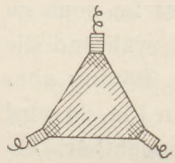


Fig. 32.

7. Leiter mit Ecken. Bei mehreren der obigen Versuche, z. B. Fig. 2 und 17, kam der Fall vor, daß die Stromlinien ihren Weg um eine Ecke nehmen mußten.

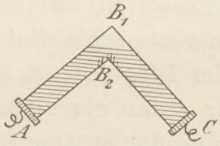


Fig. 33.

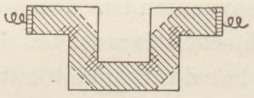


Fig. 34.

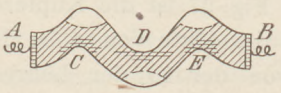


Fig. 35.

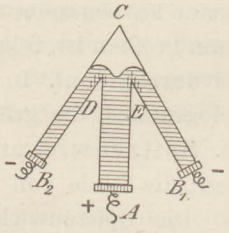


Fig. 36.

Schneidet man einen rechten Winkel, Fig. 33, oder noch besser einen ganz spitzen Winkel aus Stanniol, so wird beim Stromdurchgange die innere Seite bei B_2 sehr stark erwärmt, während an der Außenseite bei B_1 ein dreieckiges Stück kalt bleibt, wie durch daraufgelegtes Thermoskoppapier nachweisbar ist. Die fließende Elektrizität hat also nicht etwa das Bestreben, in die Spitzen zu gehen. Die Fig. 34 und 35 zeigen eine Abänderung desselben Versuchs; in dem schlangenförmigen Stanniolstück, Fig. 35, ist die größte Stromdichte in der Linie $ACDEB$. Fig. 36 zeigt das Auseinanderfließen eines Stromes in zwei von halber Breite, die einen spitzen Winkel miteinander bilden. Dieser Versuch kann in mannigfacher Weise abgeändert werden, indem man die Richtung der beiden letzten Ströme ändert. Ebenso läßt sich das Zusammenfließen von 3 Strömen zu einem einzigen breiten Strome untersuchen, wobei die Ströme je 90^0 miteinander bilden.

Alle diese Versuche lassen sich übrigens auch mit Wechselstrom oder mit intermittierendem Gleichstrom, der durch Einschalten eines Wehneltunterbrechers und einer Selbstinduktionsspule erhalten wird, mit denselben Ergebnissen wiederholen, sogar mit dem Entladungsschlag von Leidener Flaschen. Es ist in Fig. 37

R ein Induktorium, L eine große Leidener Flasche, F eine Funkenstrecke; zwischen A_1 und A_2 wird der Stanniolstreifen eingeschaltet, der in bekannter Weise auf einem Stück Pappe liegt und mit dem Farbblatt überdeckt ist. Wird ein rechtwinkliger Stanniolstreifen eingeschaltet, so tritt die Färbung auch zunächst auf der Innenseite bei C ein, bald aber brennt der Stanniolstreifen durch, entweder von C nach D oder, von C ausgehend, senkrecht zu $A_1 D$ oder $A_2 D$. Man kann beobachten, wie bei C das Stanniol schmilzt, und kleine Fünkchen sichtbar werden, eine Erscheinung, die sich nach außen weiter fortpflanzt. Ist die Stanniolfigur möglichst spitzwinkelig geschnitten, und ist der Streifen in der Nähe von A_1 oder A_2 nur etwa halb so breit wie die Senkrechte von C auf AD, so brennt der Streifen nicht da durch, wo das Stanniol am schmalsten ist, sondern bei C; der Kontakt bei A_1 und A_2 muß übrigens recht sorgfältig hergestellt sein.

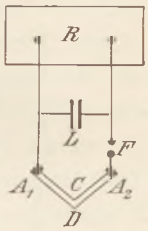


Fig. 37.

8. Gute und schlechte Leiter. Gute Leiter ziehen die Stromlinien in sich hinein, schlechte drängen sie aus sich heraus. In Fig. 38 ist in der Mitte des Stanniolblattes AB die rechteckige Stelle DE dadurch zu einem schlechteren Leiter gemacht, daß zahlreiche Löcher mit einer Messerspitze darin angebracht sind; dann zeigt die ungleiche Erwärmung des darübergelegten Farbblattes an, daß die Stromdichte zwischen C und D sowie zwischen E und F größer ist als zwischen D und E. In

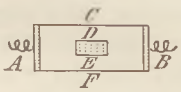


Fig. 38.

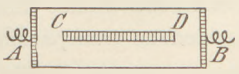


Fig. 39.

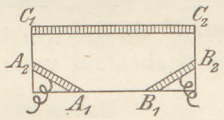


Fig. 40.

Fig. 39 ist CD ein besserer Leiter als das Stanniol, ein blankes Stück Kupferblech, welches unter dem Stanniol liegt; letzteres wird durch das darübergespannte Farbblatt gegen das Blech gepreßt. Die meisten Stromlinien verlaufen in der Linie $ACDB$. Leider ist der Kontakt zwischen dem Kupferblech und dem Stanniol hierbei leicht ein mangelhafter; ich habe daher schließlich die Anordnung der Fig. 40 gewählt; ist das Kupferblech $C_1 C_2$ nicht da, so ist zwischen $A_1 B_1$ die größte Stromdichte; wird dies aber eingeschaltet und durch Klammern fest auf das Stanniol gedrückt, so ist zwischen $A_2 C_1$ und $C_2 B_1$ die größte Stromdichte, wenn $A_2 C_1 + C_2 B_2 < A_1 B_1$ ist. Man kann die Anordnung der Fig. 39 auch dadurch verbessern, daß man statt des Kupferblechs CD zwei ebene Messinggewichte auf das Stanniol setzt, die auch die Stromlinien teilweise in sich hineinziehen. Bei den Versuchen 38 und 39 war übrigens bei den von mir gewählten Abmessungen und der benutzten ziemlich großen Stromstärke das rote Papier besser zu verwerten als gelbe Farbblätter. Überhaupt sind die Versuche 38 und 39 nicht so schön wie andere, die dasselbe zeigen. Am schönsten ist wohl die elektrolytische Methode; A und B in Fig. 39 seien Bleielektroden, die in eine rechteckige Porzellanschale mit angesäuerter Bleizuckerlösung tauchen, CD ein Streifen Bleiblech; die prachtvolle Bleivegetation zeigt dann zugleich den Verlauf der Stromlinien an. In Fig. 41 erfolgt auf einem möglichst großen Stück Stanniol die Stromzuführung durch die Kupferelektroden A und B; A ist nur klein und nahe dem Blechstreifen $C_1 C_2$ angebracht; durch das Farbblatt wird zwischen A und C_2 eine kräftige Rötung nachgewiesen, die Stromlinien gehen hier also von rechts nach links, während sie unmittelbar darüber umgekehrt verlaufen.

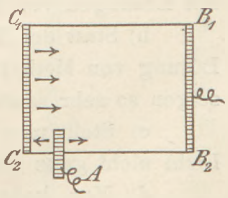


Fig. 41.

9. Stromlinien in anderen Stoffen. Manche dieser Versuche habe ich anstatt mit Stanniol auch mit Kohle ausgeführt. Dünne Silber- oder Goldschichten müßten ebenfalls verwendbar sein. Ich muß auch auf den Versuch 3 in der Einleitung hinweisen, der den Nachweis des Stromlinienverlaufs in einem Elektrolyten mit Benutzung unserer Farbblätter gestattet. Auch Versuch Fig. 33 läßt sich mit einem Elektrolyten ausführen. Der Strom wird durch eine V-förmige Röhre geschickt, die unten einen hohlen Stiel aus Glas hat. Beim Stromdurchgange wird der obere Teil des Apparates warm, der untere Stiel nicht, wie durch Farbblätter nachweisbar. Nötigenfalls genügt ein T-Rohr aus Glas zur Anfertigung des Apparates.

Weitere Verwendung des Farbengalvanoskops in zwei späteren Artikeln.

Kleine Beiträge zur Optik.

Von

Professor Dr. **Looser** in Essen.

1. Eine neue Anordnung, um Durchlaßfarben und zurückgeworfene Farben nebeneinander und gemischt zu betrachten.

Die in Fig. 1 skizzierte Methode ist ebenso einfach wie vielseitig verwendbar. Die Anordnung ist leicht verständlich. E ist eine kreisförmige Blende, V das Objektiv, C ein Tischchen, N ein Spiegel, um die senkrechte Achse unter 45° gedreht. Man kann jetzt an Stelle von O ebenfalls unter 45° verschiedene transparente Stoffe bringen, so sieht man auf dem Schirme P zwei Bilder, das eine bei P_1 rührt vom durchfallenden, das andere vom reflektierten Licht her. Man kann, wie in der Figur angedeutet ist, sehr leicht diese beiden Bilder zur Deckung bringen. Es läßt sich nun eine Reihe von Versuchen anstellen, die zum Teil sehr lehrreich sind.

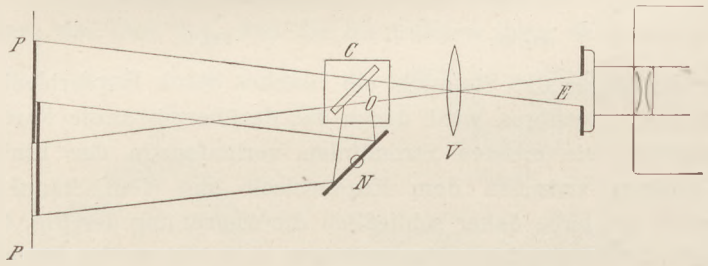


Fig. 1.

a) Stellt man auf das Tischchen einen Trog mit sehr dünner Lösung von Methylviolett (man darf die Färbung eben merken, so wird der Kreis des durchgelassenen Lichtes schön violett, der danebenstehende deutlich grün. Läßt man die komplementären Farben sich decken, so erhält man an den deckenden Teilen Weiß, oder die Farbe des Lichtes der Projektionslampe. Die Intensität der Farbe des durchgelassenen Lichtes hängt natürlich von dem Sättigungsgrade der Lösung ab, nicht aber die Farbe des reflektierten Lichtes, diese bleibt in der Intensität ziemlich gleich. Ähnliche interessante Versuche erhält man mit Lösungen von Fuchsin, von Fluorescin.

b) Statt der Tröge kann man auch Glasplatten verwenden, auf denen man z. B. eine Lösung von Methylviolett hat eintrocknen lassen. Auch auf einer Seite vergoldete Gläser zeigen so sehr schön die Durchlaß- und Reflexfarbe (grün, rot) nebeneinander.

c) Stellt man eine geschliffene klare Glasscheibe hin, so erscheint das reflektierte Licht nicht ganz rein weiß, sondern etwas dunkler mit einem Schimmer von Grün.

d) Man kann damit dann das reflektierte Bild von einem auf der Rückseite geschwärzten Glase oder mit einem Metallspiegel vergleichen.

e) Stellt man eine matte Glasplatte ein, so zeigt sich ein deutliches Bild, wenn die glatte Seite dem Spiegel zugekehrt ist. Das durchgelassene Licht erhellt bloß die Fläche des Auffangschirmes, weil es zerstreut wird. Kehrt man die matte Seite dem Spiegel zu,

so verschwindet das Bild, das eben (bei P) erschienen war, dafür wird der Schirm jetzt hier heller.

Die Farbenunterschiede der durchgelassenen und zurückgeworfenen Strahlen lassen sich auch nach der in Fig. 2 beschriebenen Methode der Streifung zeigen. Einen parallelepipedischen Glastrog füllt man mit dünnen, durchscheinenden Lösungen von Fluorescin, Fuchsin oder Methylviolett, und setzt über die Mitte eine den Trog umschließende Papierschablone. Das mit geneigtem Spiegel aufgefangene, durch Blende scharf gemachte Lichtbündel läßt man schräg von unten auf die Lösung fallen. Man sieht dann die durchgelassene Farbe rechts, die reflektierte links von E.

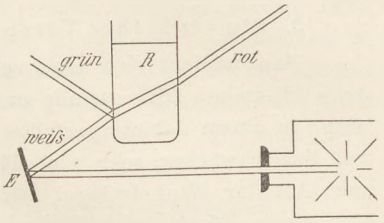


Fig. 2.

2. Versuche über Pigmentmischfarben mittels einer Projektionslaterne.

In Weinhold, „Physikal. Dem.“ (III. Aufl. S. 392) wird der Versuch beschrieben, ein Strahlenbündel durch farbige Lösungen zu schicken. Stellt man blaue und gelbe Lösung hintereinander, so erhält man als Pigmentmischfarbe Grün. Läßt man jedoch, und dazu werden zwei Projektionsapparate verlangt, je ein Lichtbündel durch eine Lösung gehen und bringt durch Verschiebung der einen Laterne die Bilder zur Deckung, so erhält man bei richtiger Abstimmung der Lösungen Weiß.

Der im folgenden beschriebene Versuch benötigt nur eine Laterne. Die Anordnung ist aus der Fig. 3 ersichtlich. Auf den Ansatz der Laterne vor die Kondensoren kommt eine Blende mit zwei Öffnungen NN, darunter ein Tischchen T mit Trögen, welche die Farblösungen enthalten. Es ist besser, dieses unmittelbar an die Blende zu rücken, nicht wie in der Figur zwischen Projektionslinse K und Spiegel S. Letzterer ist nach Art des Fresnelschen geteilt, eine Hälfte drehbar. Zunächst stehen beide Teile in einer Ebene 45 Grad zur Strahlenrichtung. Man stellt die beiden Bilder O und O_1 scharf auf einem seitlich stehenden Schirme ein. Dann dreht man die eine Hälfte des Spiegels so, daß sich die kreisförmigen Bilder zum Teil decken. Man sieht dann als Einzelfarben blau und gelb, als Mischfarbe weiß, d. h. die Farbe der Lichtquelle, jedenfalls nicht grün. Man schiebt die Bilder wieder an ihre frühere Stelle und setzt die Tröge hintereinander. Beide Bilder sind jetzt grün[1]).

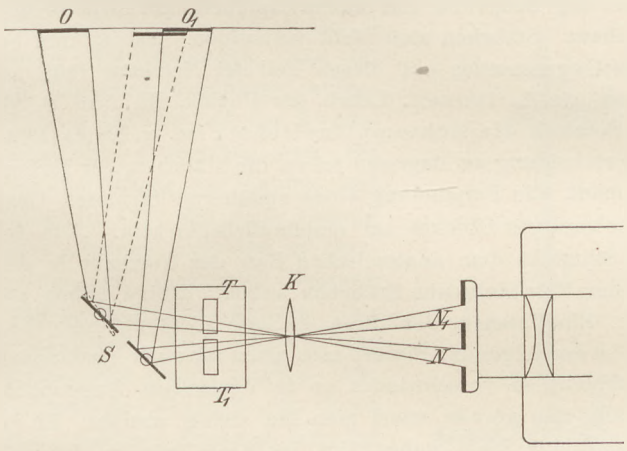


Fig. 3.

Als Lösungen verwendet Verfasser Kupferoxydammoniak und Eisenchlorid. Wenige Tropfen einer konzentrierten Lösung des letzteren genügen. Möglicherweise lassen sich Gelatinefilms mit den betreffenden Farben herstellen, wodurch der Versuch noch bequemer würde. Das Tischchen für Tröge hat Verfasser am Projektionsapparat abnehmbar montiert. Bei elektrischem Licht darf keine Dochtkohle zur Verwendung kommen, da diese das Licht färbt.

[1]) *Anm. d. Redaktion.* Die Anwendung von zwei Spiegeln nebst Blende mit zwei Öffnungen ist nicht neu und an Berliner Schulen schon seit mehr als einem Jahrzehnt in Gebrauch. Eine zweckmäßigere Anordnung, bei der die Tröge zwischen Kondensatorlinse und Blende zu stehen kommen, wird von H. Hahn in dem betr. Bande der „Freihandversuche“ beschrieben werden.

Die beiden Spiegel lassen sich leicht auf ein Kopierbrettchen kleben. Dieses wird dann auf passender Unterlage (Brettchen) mit Eisenstab in die Hülse gesetzt, die sonst Linsenfassungen trägt. (Blende, Spiegel, Küvetten, zu dem Versuche passend, liefert die Firma E. Leybold Nachf., Köln.)

3. Ein einfacher Versuch, um die Wirkung der Irradiation zu zeigen.

Man bedient sich einer elektrischen Glühlampe, für die jetzt vielfach besondere Gestelle (Brettchen mit Gewinde und Zuleitungsdrähten) vorhanden sind. Läßt man die Glühlampe in einem dahintergestellten schwarzen Spiegel sich abbilden, so erscheinen die Fäden, weil lichtschwächer, sehr viel dünner. Noch auffälliger wird die Erscheinung, wenn man nach Art der Winkelspiegel zwei solcher schwarzer Glasplatten unter 90 oder 60 Grad dahinterstellt. Nach jeder Reflexion erscheint der Faden dünner. Die schwarzen Spiegel stellt sich Verfasser einfach so her, daß er verdorbene photographische Platten reinigt und auf einer Seite schwarz lackiert. Letzteres macht man entweder mit dem Pinsel, oder man gießt auf die Mitte der auf einem Glase horizontal gestellten Glasplatte Lack (alkoholischen Mattlack) und vertreibt diesen mit Holzstäbchen oder Papierstreifen bis in die Ecken Die Spiegel können, beiläufig bemerkt, auch zu einfachen Polarisationsversuchen benutzt werden.

4. Ein experimenteller Nachweis, daß der gelbe Fleck zwar die genaueste Raumunterscheidung gestattet, nicht aber die lichtempfindlichste Stelle des Auges ist.

Auf dem gelben Flecke, der besonders reich an Nervenzellen ist, befinden sich, namentlich in der mittleren Partie, der sog. Sehgrube, nur kleine Zäpfchen, und zwar dichter als an allen übrigen Stellen der Netzhaut. Stäbchen sind nicht vorhanden. Es ist nun bekannt, daß wir, wenn das Bild eines Gegenstandes auf diesen Teil der Netzhaut fällt, am schärfsten sehen, zugleich aber wissen wir (L. Dressel, Lehrb. der Physik, III. Aufl. S. 864 u. ff.), daß diese Stelle nicht zugleich auch die lichtempfindlichste ist. v. Kries (1894). schreibt den Zäpfchen die Farbenunterscheidung zu, dagegen sollen die Stäbchen, der farbenblinde Dunkelapparat, wie er ihn nennt, die Empfindung eines annähernd farblosen Grau vermitteln und daher für schwach beleuchtete Objekte am empfindlichsten sein. „Die Ansichten dieses Gelehrten finden eine Stütze in dem anatomischen Bau der Netzhaut in den Augen der Nachttiere, die auch auf der Netzhautgrube Stäbchen haben. Einige haben auf der ganzen Netzhaut nur Stäbchen.“ Ein Versuch, der diese geringe Lichtempfindlichkeit des gelben Flecks deutlich nachweist, ist der folgende: Fixiert man einen schwach leuchtenden Stern (α Berenike wird vielfach empfohlen), so verschwindet er in demselben Augenblick, wo sein Bild auf den gelben Fleck fällt, also gerade, wenn man ihn richig ansieht. Er erscheint aber sofort wieder, wenn man eine Stelle neben ihm ins Auge faßt, so daß sein Bild auf den Stäbchen enthaltenden übrigen Teil der Netzhaut fällt. Da man seinen Zuhörern nun nicht immer den gestirnten Himmel zeigen kann, ein anderer Versuch aber meines Wissens nicht bekannt ist, so soll hier eine einfache Art beschrieben werden, wie man diese, für die Theorie der Lichtwahrnehmung doch äußerst wichtige Tatsache auch einem größeren Zuhörerkreise im verdunkelten Hörsaale zeigen kann. Verfasser hatte früher vergeblich nach passender Lichtquelle gesucht, aber keine gefunden, die nicht zugleich die Umgebung, für den Versuch allzustark, beleuchtete. Erst vor kurzem gelang er mit Balmainscher Leuchtfarbe. Ein Streifen Pappe, ungefähr 4 cm breit, mit der erwähnten Farbe bestrichen, wird bei der Belichtung so bedeckt, daß nur ein Quadrat am Ende des Streifens frei bleibt. Macht man sich den Streifen selbst, so bestreicht man nur dieses Quadrat. Es genügt dann, die Fläche eine Minute lang neben einen Auerbrenner zu halten. Jedenfalls muß die Dauer der Belichtung so ausprobiert werden, daß die Fläche nur schwach leuchtet. Nachdem die Augen der Zuhörer sich ungefähr eine Minute lang im Dunkeln ausgeruht, stellt man das Stückchen Pappe auf den Experimentiertisch, an irgend einen Gegenstand angelehnt oder in ein Stativ geklemmt. Man kann auch am anderen Ende des Streifens

ein Loch anbringen und das leuchtende Objekt an einem Nagel an die Wand hängen. Fixiert man jetzt das leuchtende Quadrat, so verschwindet es entweder oder leuchtet nur ganz matt, erscheint aber wieder oder wird ganz merklich heller, wenn man etwas von ihm wegsieht. Bei Tageslicht oder elektrischem Licht muß man die Belichtungszeit ausprobieren; ein drittel bis halbe Minute genügen meistens. — Der Verfasser machte auch folgende Beobachtung: Wenn man einen längeren Streifen insoliert und im Dunkeln in der Nähe betrachtet, so erscheint der fixierte Teil ganz merklich dunkler als die übrigen (Die Firma Leybolds Nachfolger, Köln, liefert das leuchtende Quadrat auf einfachem Stativ.)

Ein Demonstrationselement und eine Spannungsbatterie.

Von

A. Stroman in Friedberg (Hessen).

Je allgemeiner der Strom für Unterrichtszwecke Stromnetzen oder Akkumulatoren entnommen wird, um so wünschenswerter erscheint es, an einem handlichen Elemente und einer entsprechenden Batterie die Grundbegriffe zu entwickeln und dabei die Kluft zu überbrücken, die im Unterrichte leicht zwischen der Reibungselektrizität und den Erscheinungen des Stromes bestehen bleibt. Zu den im folgenden beschriebenen Versuchen ist ein empfindliches Elektrometer mit Kondensator nötig. Die Darstellung ist so gewählt, als ob die Versuche unmittelbar nacheinander vorgeführt würden.

A. Das primäre Element. — Das Wesentliche der Einrichtung ist aus der Abbildung (Fig. 1) zu ersehen. A ist ein Glastrog, der mit verdünnter Schwefelsäure (1 : 20 Raumteile) gefüllt wird. $B\,B$ sind zwei starke Messingstangen, die auf ein hölzernes Grundbrett aufgeschraubt und oben mit den Klemmschrauben $a\,a$ versehen sind. Sie sind die Träger der Kupfer- und Zinkplatte CC', die nach Lösung einer einzigen Schraube in senkrechter und wagrechter Richtung verschoben werden können. Die Kupferplatte kann durch eine Kohlenplatte ersetzt werden. Der verbindende Bügel D ist durch starke federnde Klemmen befestigt und kann auf und ab geschoben werden. Er ist bei den Klemmschrauben $b\,b$ unterbrochen und durch Fiberstäbchen wieder zusammengefügt. Durch Einsetzen eines konischen Messingstöpsels bei $b\,b$ läßt sich das Element kurz schließen.

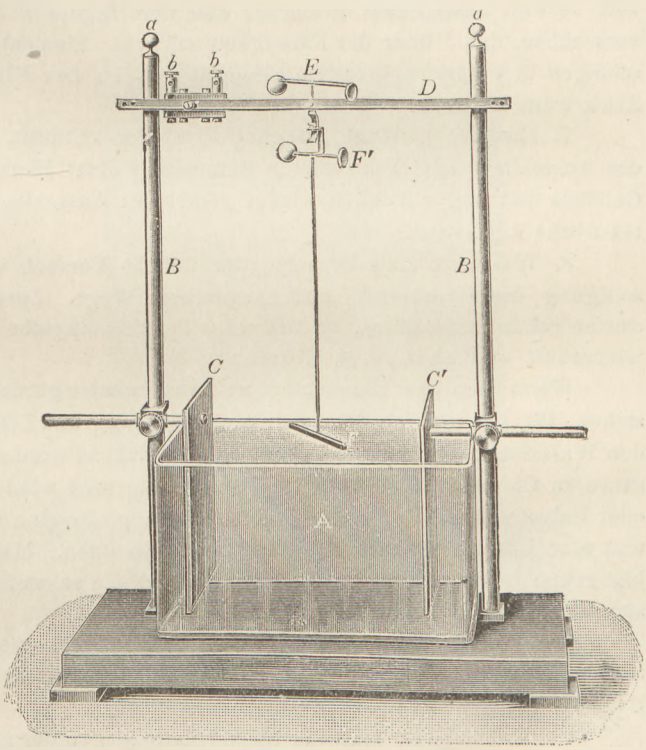


Fig. 1.

Auf dem Bügel sitzt mittels Achathütchens die Nadel E, darunter hängt der Magnet F, dessen Ausschläge durch den gleichgerichteten Zeiger F' angezeigt werden. Die Nadel und der Zeiger tragen an ihren Enden kreisrunde Plättchen, die mit der Achse der Nadel Winkel von 45° bilden und zueinander senkrecht stehen. Dadurch wird erreicht, daß mindestens eines bei jeder Stellung sichtbar bleibt. Die Plättchen sind auf beiden Seiten farbig ge-

strichen, die Nordpole weiß, die Südpole rot. Beide Magnete sind zum Schutze gegen Säuredämpfe mit Celluloid überzogen.

1. Bügel in den magnetischen Meridian. Nadeln und Bügel abgenommen. Isolierte Drähte an die Klemmen *a a*. Wanne gefüllt. Kupfer- und Zinkplatte noch hochgezogen. Z. B. Kupfer mit der unteren, Zink mit der oberen Kondensatorplatte verbunden: Kein Ausschlag. Beide Platten gerade nur bis zur Berührung mit der Flüssigkeit eingetaucht: Ausschlag. Prüfung mit dem geriebenen Hartgummistabe. — Kupfer ist positiv, Zink negativ elektrisch.

2. Platten tief eingetaucht und möglichst genähert. Ausschlag gerade so groß. — Der Elektrizitätsgrad ist unabhängig von der Größe der Berührungsflächen.

3. Kupferplatte durch Kohlenplatte ersetzt. Ausschlag am Elektrometer größer. — Der Elektrizitätsgrad ist abhängig von der Natur der Stoffe.

4. Drähte bei *a a* vorübergehend gelöst. Bügel und obere Nadel aufgesetzt bei herausgenommenem Schlußstöpsel. Kupferplatte statt der Kohlenplatte wieder in die Säure eingesetzt. Drähte bei *a a* angefügt. Prüfung am Elektrometer. Ergebnis wie früher. Hinweis auf die Unterbrechung im Bügel. Jetzt Stöpsel bei *b b* eingesetzt: Weithin sichtbarer Ausschlag der Nadel. Bei besonders ungünstigen Raumverhältnissen läßt sich der Ausschlag durch rhythmisches Öffnen und Schließen noch vergrößern. — Elektrizität fließt von der Stelle höheren Elektrizitätsgrades nach der Stelle niederen Elektrizitätsgrades. — Begriff Strom.

5. Element geöffnet. Obere Nadel auf die untere Spitze. Geschlossen: Ausschlag entgegengesetzt wie zuvor. — Begriff Stromrichtung. — Amperesche Regel.

6. Element geöffnet. Nadel zurück auf die obere Spitze. Die Platten in der Flüssigkeit so weit auseinander gezogen, daß der Magnet *F* eingehängt werden kann. Bügel so verschoben, daß *F* über der Flüssigkeit schwebt. Element geschlossen: Nadel *E* und Zeiger *F'* schlagen in entgegengesetztem Sinne aus. — In der Flüssigkeit fließt der Strom vom Zink zum Kupfer.

7. Element geöffnet. Magnet *F* wieder entfernt. Platten zusammengerückt. Größe des Ausschlags am Elektrometer gemessen. Jetzt Element etwa eine Minute geschlossen. Geöffnet und augenblicklich wieder gemessen: Ausschlag geringer. — Das Volta-Element ist nicht konstant.

8. Wasserstoff als Ursache (der übliche Versuch über galvanische Polarisation). Beseitigung des Wasserstoffs auf chemischem Wege. Zusatz einer Spatelspitze voll kristallisierter roher Chromsäure, so daß eine dunkelweingelbe Lösung entsteht. Vorige Versuche wiederholt. — Konstantes Element.

Wenn man das Element bei weit auseinander gerückten Platten über Nacht geschlossen stehen läßt, hat man am Morgen eine schön blaugrüne Lösung. Die Chromsäure ist, indem sie den Wasserstoff oxydierte, zu Chromoxyd reduziert worden, und dies hat sich in der Schwefelsäure zu Chromsulfat gelöst. Die Kupferplatte muß wieder gereinigt werden, z. B. mit Sand oder Salpetersäure. — Parallelversuch: Man gieße eine weingelbe Lösung von Chromsäure und eine Lösung von schwefliger Säure zusammen. Man bekommt augenblicklich dieselbe blaugrüne Lösung. Die Chromsäure oxydiert die schweflige Säure zu Schwefelsäure, in der sich wiederum das Chromoxyd löst.

9. Bei aufgesetzter oberer Nadel und geschlossenem Element die Platten verschieden tief eingetaucht und verschieden weit genähert unter Beobachtung der Nadelausschläge. — Begriff innerer Widerstand.

10. Kohlenplatte statt der Kupferplatte wegen der größeren Potentialdifferenz. Element nicht kurz geschlossen, sondern unter Benutzung der Klemmschrauben *b b* Widerstand von etwa 10 Ohm eingeschaltet und ohne Erschütterung der Nadel nach und nach bis auf etwa 2 Ohm ausgeschaltet: Stets wachsender Ausschlag der Nadel. — Begriff äußerer Widerstand.

Der Widerstand soll nicht völlig ausgeschaltet werden, weil bei dem Zink-Kohle-

Element die Potentialdiffererenz nach Kurzschluß nur langsam wieder wächst. Deshalb wird auch der Versuch mit Chromsäure unter Anwendung der Kupferplatte gemacht.

11. Drähte an *a a* und entsprechende Versuche wie zuvor. Messung der Ausschläge am Elektrometer bei den verschiedenen Widerständen. Je größer der äußere Widerstand, um so größer die Ausschläge. — Begriff Klemmenspannung.

B. Das sekundäre Element. — Zur Füllung wird Schwefelsäure von derselben Konzentration benutzt wie zuvor. Die beiden Platten werden durch 2 Bleiplatten ersetzt.

1. Bügel eingesetzt. Schlußstöpsel herausgenommen (Achtung wegen Kurzschlusses). Unterer Magnet eingehängt. Platten tief eingetaucht. Drähte an *a a*. Prüfung am Elektrometer: Kein Ausschlag.

Unter Benutzung der Klemmen *a a* Strom von 1,5—2 Ampere hindurchgeleitet. Hinweis auf die Gasentwicklung und den starken Ausschlag des Zeigers *F'*. Nach etwa 2 Minuten Strom unterbrochen. Platten vorgezeigt. Verschiedenartig. Nach dem Einsetzen an ihre frühere Stelle Prüfung am Elektrometer. — Es besteht jetzt zwischen beiden ein Unterschied im Elektrizitätsgrad. — Akkumulator.

2. Das Element wird bei *b b* kurz geschlossen. Ausschlag des Zeigers *F'* nach der entgegengesetzten Seite. — Der Strom ist dem Ladestrom entgegengesetzt gerichtet. — Man kann nach einiger Zeit die Platten nochmals vorzeigen oder auch durch Strom in umgekehrter Richtung nochmals laden. Die oxydierte Platte wird zur Reinigung mehrmals durch eine heiße nichtleuchtende Flamme gezogen, in Salpetersäure getaucht, mit Wasser abgespült und mit einem Wattebausch abgerieben.

Wenn man dem Apparate noch eine Nickelplatte einerseits und ein T-Stück andererseits zufügt, an das gereinigte Messingteile angehängt werden, so kann man ihn unter Anwendung einer Nickelammoniumsulfatlösung auch zum Vernickeln benutzen.

C. Die Batterie. — Ein flacher Kasten von 25 cm Seitenlänge aus starkem Zinkblech ist mit Ceresin ausgegossen. Auf dessen Oberfläche sind die Batterieteile in der Weise aufgeschmolzen, wie die Abbildung (Fig. 2) es zeigt. I ergibt eine Batterie von 50 hintereinander geschalteten Zink-Kupfer-Elementen. Anfang- und Endglied sind einfache Zink- und Kupferplättchen von 2 cm Länge und 1 cm Breite. Die dazwischen liegenden Stücke sind aus Zink und Kupfer zusammengelötet. Die Lötstellen sind mit einer Ceresinlösung überstrichen. Man kann 1, 5, 10, 15 usw. Elemente benutzen. Der Anschluß von Leitungsschnüren geschieht durch Metallstöpsel. Zur Füllung der Elemente benutzt man ein sogenanntes Augentropfglas mit Gummibällchen. In 2 Minuten sind die 50 Elemente mit Wasser gefüllt, da sich die Tropfen scharf und sicher zwischen die Metallplättchen legen. Für die Versuche benutzt man neben dem empfindlichen Elektrometer noch ein weniger

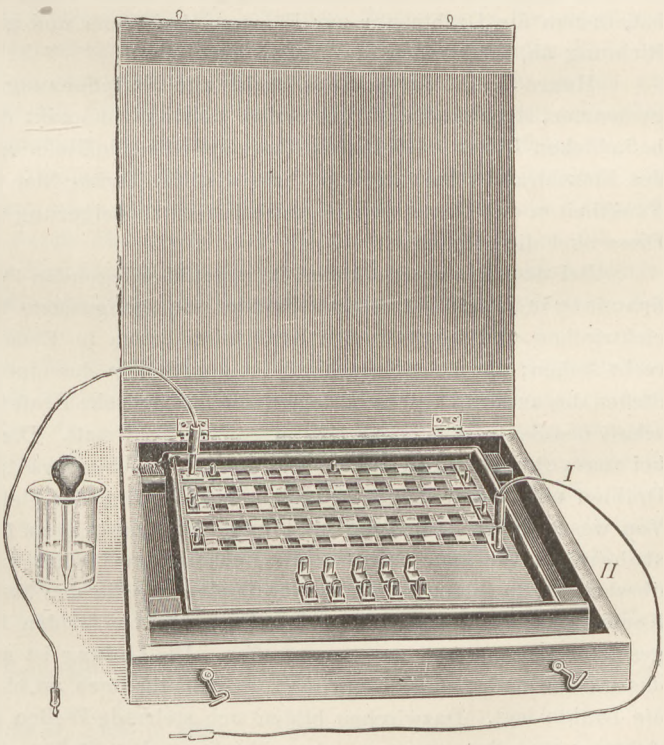


Fig. 2.

empfindliches Elektroskop mit Kondensator. Wenn man das empfindliche Elektrometer für alle 50 Elemente benutzt und die untere Platte sofort entlädt, wenn die obere kaum ein wenig abgehoben ist, so erhält man nachträglich aus der obern einen Funken von etwa 1 cm Länge, der die Schüler endgültig davon überzeugt, daß sie es hier nicht mit etwas *wesentlich* Neuem zu tun haben.

II ist eine Gruppe von 5 Elementen für Parallelschaltung. Jedes Metallstück ist mit einer aufrecht stehenden federnden Klemme versehen. In die zwei Klemmenreihen lassen sich 2 Metallstreifen so einlegen, daß die Zink- und Kupferstückchen je untereinander verbunden sind. Diese Streifen haben je einen Ansatz für die Stöpselvorrichtung. Durch Verschiebung der Streifen kann man eine verschiedene Zahl von Elementen parallel schalten und am Elektrometer nachweisen, daß die Ausschläge gleich sind. Die Wassertropfen zwischen den Metallstückchen lassen sich in wenigen Minuten mit mehrfach zusammengelegten Streifen aus Filtrierpapier wieder wegtupfen. Die Batterie nebst ihren Zubehörteilen wird in einem dicht schließenden hölzernen Kasten aufbewahrt. — Die beiden Apparate können von der Firma Fr. Fuendeling, Werkstätten für Feinmechanik und Elektrotechnik, in Friedberg (Hessen) bezogen werden.

Versuche zum Nachweis der magnetischen Kraft bei elektromagnetischen Wellen auf Drähten[1]).

Von

Dr. **K. Bangert** in Berlin.

Für die Darstellung der elektromagnetischen Schwingungen eignen sich die Wellen, die sich längs Drähten fortpflanzen, am besten. Denn wie schon Hertz[2]) nachgewiesen hat, dienen die Drähte nur zur Führung der Welle und geben durch ihren Verlauf nur die Richtung an, in der sich die Wellen ausbreiten.

Hertz hatte nur einen Draht zur Fortpflanzung der elektromagnetischen Wellen genommen, doch sind die Verhältnisse dabei nicht exakt definiert, da dann die in der Nähe befindlichen Leiter oder Dielektrika eine störende Rolle spielen und Wechsel der Kapazität des Einzeldrahtes hervorrufen. Erst die Einführung der Doppeldrähte durch Lecher gab Exaktheit in den Messungen, zugleich Intensitätssteigerung und vor allem klarere Verhältnisse. Diese sind die folgenden:

Bei dem Drahtpaare haben in gegenüberliegenden Punkten die Stromrichtung und die Spannung in jedem Zeitmoment einander entgegengesetzte Werte. Die hieraus resultierenden elektrischen und magnetischen Kraftlinien liegen in Ebenen, die auf beiden Drähten senkrecht stehen; die elektrische Kraft ist von Stellen des einen Drahtes zu gegenüberliegenden Stellen des andern Drahtes gerichtet, die magnetische Kraft ist senkrecht zu ihr. Diese Eigenschaft des Senkrechtstehens hat im ganzen Feld statt. Die Energieströmung (Strahlung) bei fortschreitenden Wellen auf dem Lecherschen Drahtpaar erfolgt überall parallel zu den Drähten und immer in der Fortpflanzungsrichtung der elektrischen und magnetischen Kraft. Von wesentlicher Bedeutung sind und hauptsächlich zu Messungen verwendet werden die stehenden Wellen. Werden die Lecherschen Drähte am Ende zu einer Schleife leitend überbrückt, so bilden sich stehende Wellen aus; in der Mitte der Brücke ist naturgemäß ein Knotenpunkt der (elektrischen) Spannung, da von beiden Drähten her Wellen mit entgegengesetzter Ladung hier zusammentreffen. Die Ladung ist an dieser Stelle also dauernd Null; das gleiche findet statt, wenn man gleichzeitig noch an einer Knotenstelle eine Brücke über die Drähte legt. Dazwischen bilden sich stehende Wellen aus, und es sind auch hier Stromrichtung und Spannung an gegenüberliegenden Stellen der Drähte in jedem Zeitmoment entgegengesetzt gleich.

[1]) Auszug aus der Marburger Inaug.-Diss., mitgeteilt von Prof. Dr. F. A. Schulze.

[2]) H. Hertz, Gesammelte Werke II, 1894, p. 171.

Magnetische und elektrische Kraft sind dabei in ihrer Stellung zueinander derart verschoben, daß die Amplitude der magnetischen Kraft ihren größten Wert hat, wenn die der elektrischen Kraft ihren Nullpunkt besitzt[1]).

In seiner Arbeit „Die mechanischen Wirkungen elektrischer Drahtwellen" hat bereits Hertz Versuche angegeben, um die elektrische und magnetische Komponente gesondert am Lecherschen Drahtsystem nachzuweisen (*Werke II, 199*).

Er benutzte zur Sichtbarmachung der elektrischen Oszillationen die elektrostatische Wirkung auf ein Blattgoldstäbchen. Die magnetischen Oszillationen wies Hertz nach am gemeinsamen Ende der Lecherschen Drähte, wo im Innern der vertikal gestellten Schleife eine starke oszillierende Äthermagnetisierung eintritt. Er verwandte dabei die elektrodynamische Wirkung auf einen Aluminiumring (Figur 1).

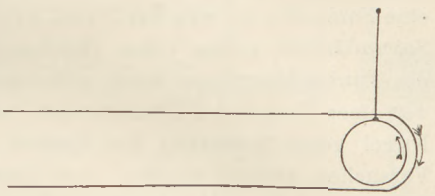


Fig. 1.

Für die eintretende Drehung des Ringes, die im Sinne einer Abstoßung der benachbarten Punkte des Ringes und der Drahtschleife erfolgt, gibt Hertz eine Erklärung[2]), die, wie Herr Prof. Richarz[3]) erwähnt, soweit sie das Wesen der Erscheinung angeht, im Sinne der Faraday-Maxwellschen Anschauungen zutrifft, jedoch nicht vollständig ist, wenn man die Ströme im Aluminiumring sich als durch Induktion erzeugt denkt. Die Selbstinduktion im Ringe spielt dabei eine wesentliche Rolle und ist daher wohl mitzuberücksichtigen, so daß hier eine Erklärung Platz zu greifen hat, wie sie auch für die Versuche elektrodynamischer Abstoßung von Elihu Thomson[4]) herangezogen werden muß.

Diese Erklärung ist in ganz analoger Weise auch auf das Verhalten des Hertzschen Aluminiumringes in der Lecherschen Schleife anzuwenden. Es kommt ebenfalls für den Ring noch seine Selbstinduktion in Betracht, die die sekundäre Strömung in ihm verzögert gegenüber dem Rhythmus der magnetischen Oszillationen. In dem vorliegenden Falle ist nun zwar die Selbstinduktion klein, da nur eine Windung vorhanden ist; da jedoch als wesentlicher Faktor die Wechselzahl mit auftritt, die bei Hertzschen Schwingungen sehr groß ist, so tritt doch eine Phasenverschiebung bis zu $\pi/2$ ein, mithin stärkste Abstoßung.

Mit dieser vervollständigten Überlegung kommt man also zu demselben Resultat, wie es Hertz gefunden hatte. Man kann hiernach nicht behaupten, daß die Hertzsche Versuchsanordnung und ihre Erklärung durch Einfachheit der eintretenden Wirkungen die Anschauung der ganzen, so einfachen Verhältnisse fördere, da neben der Induktion noch elektrodynamische Abstoßung eintritt. Wiederholt ist der Versuch, schon seiner komplizierten Anordnung wegen, wohl selten worden.

Hingegen ist an und für sich die Induktion durch Schwankungen des magnetischen Feldes, gemäß dem einen Tripel der Maxwellschen Gleichungen, nicht ein indirekter, sondern direkter Nachweis der magnetischen Oszillationen zu nennen. Diese Auffassung ist auch bereits allgemein in den Sprachgebrauch aufgenommen, z. B. in der Bezeichnung „magnetische", d. i. „induktive" Koppelung, wie sie in der drahtlosen Telegraphie angewendet wird.

F. Richarz hatte anläßlich seiner von ihm und W. Ziegler herrührenden Demonstration der oszillatorischen Entladungen vermittels der Braunschen Röhre die Ansicht vertreten, daß sich die magnetischen Oszillationen auf direkterem Wege, und zwar am einfachsten und anschaulichsten mit der Braunschen Röhre zeigen lassen müßten[5]). Auf seine Ver-

[1]) Nach F. Richarz, Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Elektrizität, 2. Auflage, p. 53, 1902, Leipzig bei B. G. Teubner.

[2]) H. Hertz, Gesammelte Werke II, 1894, p. 199.

[3]) F. Richarz, Neuere Fortschritte, p. 55.

[4]) E. Thomson, Ztschr. für phys. u. chem. Unterricht III, p. 38, 1889.

[5]) F. Richarz und W. Ziegler, Phys. Ztschr. II, p. 433, 1901; vgl. auch eine Bemerkung in F. Richarz, Neuere Fortschritte, p. 57, und in den Berichten der Gesellschaft z. Beförd. d. ges. Natw., Marburg 1903, p. 96.

anlassung stellte im Greifswalder Institut K. Kiessling Versuche in dieser Richtung an, und er hatte insofern Erfolg, als sich die eintretende Ablenkung des Kathodenstrahls tatsächlich an gewissen Stellen als durch die magnetische Kraft des Lecherschen Systems hervorgerufen erwies.

Die folgenden Versuche, die magnetischen Oszillationen auf direktem Wege anschaulich zu machen, wurden im Marburger Institute besonders unter dem Gesichtspunkte durchgeführt, daß die Demonstration sich zu einem bequemen Vorlesungsversuche eigne[1]).

Als Erreger und als geradliniges Drahtsystem wurde die von Coolidge modifizierte Anordnung[2]) mittels Blondlotschen Erregers gewählt. Der Blondlotsche Erreger hatte eine Form, wie sie von der Firma Leybold in Köln geliefert wird. Sowohl Primärkreis wie Sekundärkreis hatten einen Durchmesser von 6,5 cm; beide Kreise waren zur Verhütung des Funkenübergangs durch widerstandsfähige Glimmerplatten getrennt. Die Zuführung zu der einen Kugel des Primärkreises war unterbrochen, sie lief in eine Spitze aus, die der Kugel gegenüberstand; der Abstand zwischen beiden konnte beliebig, auch während des Versuches, variiert werden. Auf diesen Umstand, der für die gute Ausbildung der Wellen sehr wichtig ist, hat schon Drude hingewiesen. Die beiden Kreise lagen in einem Petroleumbade, das Petroleum mußte aber häufig erneuert werden, da infolge der sich ausscheidenden Kohlenpartikelchen Kurzschluß im Oszillator auftrat. Gespeist wurde der Erreger durch einen Teslatransformator, da dann die Erregerschwingungen eine größere Intensität besitzen, als wenn sie durch ein Induktorium direkt erregt würden. Außerdem hat diese Art der Speisung den Vorteil, daß man wegen der Unschädlichkeit der Teslaströme die Funkenstrecke des Blondlotschen Erregers während des Versuches durch direktes Anfassen verstellen kann.

Was die Darstellung der Wellen selbst angeht, so erzielt man mit dem Erreger durchschnittlich eine Wellenlänge von 80 cm. Coolidge verwandte sogar Wellen von viel kleinerer Länge. Je längere Wellen man nun verwendet, um so intensiver wirken sie, und desto reiner werden sie; da dies hier namentlich für die magnetische Komponente von Vorteil war, wurde eine größere Wellenlänge als die obige dadurch erreicht, daß an den sich gegenüberstehenden Drahtenden des Primärkreises Kondensatorplatten (in der Figur 2 mit c bezeichnet) angebracht wurden mit einem Durchmesser von 3 cm und in einem Abstande von 0,8 cm, eine Forderung, die ebenfalls Drude ausgesprochen hat, während er zur Herstellung sehr kurzer Wellen die Vermeidung eines Kondensators für notwendig erklärt. Die hieraus resultierende Wellenlänge betrug 110 cm. Ein Hauptvorteil war der, daß den Knotenstellen der elektrischen Kraft, und damit den dunkeln Stellen des Systems, eine größere Länge zukam, und die magnetische Kraft daher in größerer Ausdehnung benutzt werden konnte. Zur Fortleitung der Wellen wurde 0,1 mm dicker Kupferdraht benutzt und für den folgenden Aufbau die Drahtebene vertikal gelegt.

Das an den Maximalstellen der elektrischen Kraft eintretende Leuchten der Drähte ist, wie K. Schaum und F. A. Schulze[3]) nachwiesen, wahrscheinlich durch Ionisation der Luft durch Spitzenentladung zu erklären und kann so verstärkt werden, daß sofort nach Einsetzen der Wellen die Erscheinung für ein großes Auditorium ohne Dunkeladaption sichtbar ist, indem man fluoreszierende Substanzen (Chininsulfat, Baryumplatincyanür, Uranglas) zur Verstärkung heranzieht. Zu den Versuchen wurden Streifen von Baryumplatincyanür benutzt, auf dem das Leuchten der Drähte ein breites fluoreszierendes Band hervorrief.

Um mit der Demonstration möglichste Übersichtlichkeit und Handlichkeit zu verbinden, wurde ein Rahmen aus Buchenholzleisten hergestellt, von einer Länge von 150 cm (Fig. 2). Auf zwei schmalen Leisten der Vorderseite waren ca. 5 cm breite Streifen von Baryumplatincyanür aufgeklebt in der ganzen Länge des Rahmens. Auf diesen war das Drahtsystem aufgespannt und wurde zum Zwecke des besseren Fluoreszierens mit kleinen Wachskügelchen

[1]) Die Versuche waren im Prinzipe bereits fertiggestellt, als J. Zenneck in seinem Buche „Elektromagnetische Schwingungen und drahtlose Telegraphie“ (Stuttgart bei F. Enke, 1905) speziell für den Nachweis der magnetischen Kraft Versuche angab.

[2]) W. C. Coolidge, Wied. Ann. 67, p. 578, 1899.

[3]) K. Schaum und F. A. Schulze, Ann. d. Phys. 13, S. 422, 1904.

fest an das Baryumplatincyanür gepreßt. Infolge der erzielten Wellenlänge des Blondlotschen Erregers konnten so 3 Maximalstellen der elektrischen Kraft durch kräftiges Fluoreszieren sichtbar gemacht werden. Nicht allzu kurz hinter dem Erreger war die erste Brücke angebracht, eine zweite Brücke befand sich im vierten Knoten der elektrischen Kraft am Ende des Rahmens. Trotzdem wegen der Anordnung der Sekundärkreise im zweiten und dritten

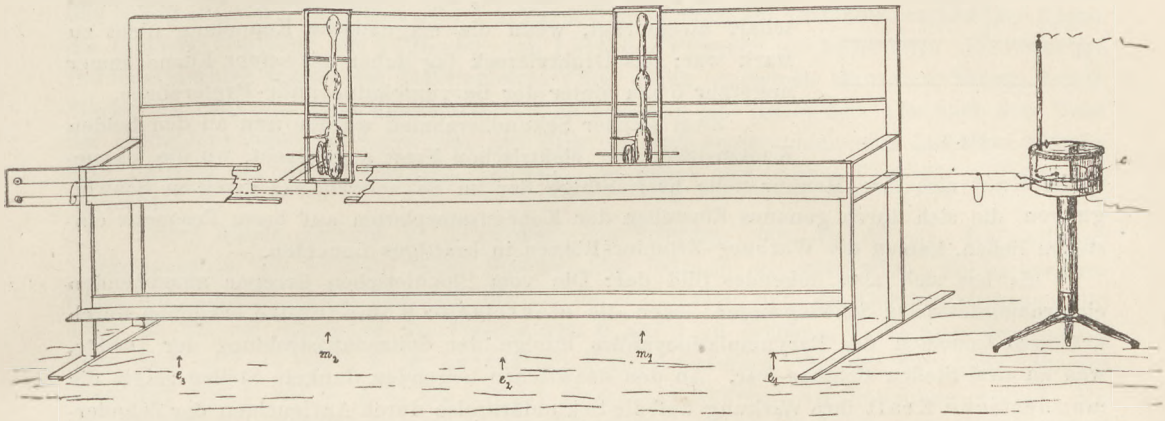


Fig. 2.

Knoten keine Brücken aufgelegt werden konnten, so waren die beiden Knotenstellen doch scharf ausgebildet, eben infolge der größeren intensiveren Wellenlänge. Bei kleinerer Wellenlänge stand man immer vor der Entscheidung, entweder zur guten Ausbildung der Knoten überall an den Knotenstellen Brücken anzubringen, wodurch aber dann die ganze Leuchterscheinung viel schwächer wurde, oder die Brücken wegzulassen, auf deutliche Knotenstellen zu verzichten und stärkeres Leuchten zu erhalten. Die größere Wellenlänge beseitigte diese Mißstände vollständig.

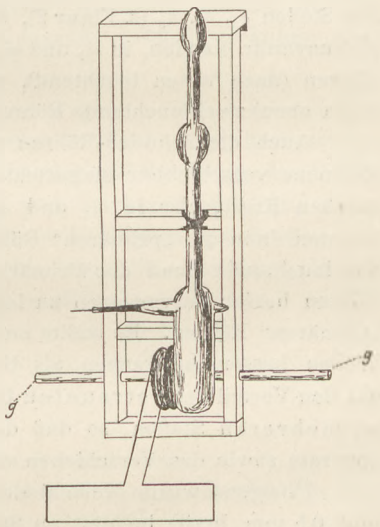


Fig. 2a.

Wurde der Erreger längere Zeit beansprucht, so traten zeitweise Oberschwingungen auf, wohl infolge einer geringen Änderung der Funkenstrecke durch verschmutzendes Petroleum; doch schadete das der Demonstration mit dem Sekundärkreis nichts, da dieser nur auf die Grundschwingung abgestimmt war, wohl aber dem Ineinandergreifen mit den elektrisch leuchtenden Stellen.

Die magnetische Kraft wurde nun nachgewiesen in analoger Weise, wie sie Blondlot[1]) benutzte, um die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Drahtwellen zu messen, nämlich mittels eines abstimmbaren Sekundärkreises, eine Methode, die auch späterhin vielfach zu Messungen benutzt wurde[2]).

Ein 8 cm langes, 1,8 cm breites Drahtviereck, dessen Ebene vertikal hinter den Lecherschen Drähten lag, war mit einem verstellbaren Kondensator verbunden; die Verstellung wurde mittels der an der Seite des Rahmens sichtbaren Glasstiele (g, Fig. 2a) bewerkstelligt. Das Ganze war an einem Rahmen befestigt, der sich hinter dem Baryumplatincyanür in einer Führung (auf der obersten Leiste des großen Rahmens) verschieben ließ. An die eine Kondensatorplatte war eine Warburg-Zehnder-Röhre[3]) angelegt, die ebenfalls mit dem

[1]) R. Blondlot, Compt. rend. 113, p. 628, 1891.
[2]) So zur Messung des Brechungsexponenten durch P. Drude, Wied. Ann. 55, S. 633, 1895.
[3]) L. Zehnder, Ann. d. Phys. 9, S. 917, 1902.

Rahmen verschiebbar war. Bei den Vorversuchen, die dazu dienten, durch passende Wahl der Kondensatoren eine gute Sekundärschwingung zu erzielen, wurde an die Kondensatorplatten statt der Röhre eine kleine Funkenstrecke angebracht, auf die aber dann verzichtet wurde. Schematisch ist der Sekundärkreis in Fig. 3 dargestellt. Wichtig war es, den Sekundärkreis nicht zu stark zu koppeln, die Funkenstrecke war nur dann scharf ausgeprägt, wenn die magnetische Koppelung nicht zu stark war; das Drahtviereck lag daher mit seiner Ebene immer ungefähr 5 mm hinter der Baryumplatincyanür-Papierebene.

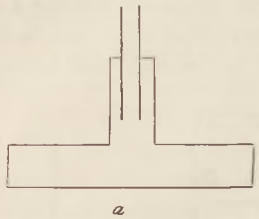


Fig. 3.

Zwei solcher Sekundärrahmen wurden nun an den beiden Knotenstellen der elektrischen Kraft angebracht, wo die magnetische Kraft also ihre Maximalstelle hat; infolge der im Sekundärkreise erregten Schwingungen, die sich durch genaues Einstellen der Kondensatorplatten auf beste Resonanz einstellen ließen, kamen die Warburg-Zehnder-Röhren in kräftiges Leuchten. —

Es bot sich also folgendes Bild dar: Die vom Blondlotschen Erreger ausgehenden elektromagnetischen Schwingungen ließen die elektrische Komponente erkennen durch kräftiges Leuchten des Baryumplatincyanürs infolge der Spitzenausstrahlung der Drähte, was an drei Stellen sichtbar war. An den dazwischen liegenden dunkeln Stellen zeigte die magnetische Kraft ihre Wirkung auf die Sekundärkreise durch Aufleuchten der Zehnder-Röhren. Durch Verschieben der Sekundärrahmen auf die kurze Strecke von $\lambda/4$ hörte das Leuchten der Zehnder-Röhren auf.

Obwohl die ganze Erscheinung im verdunkelten Zimmer auch nicht adaptierten Augen sofort sichtbar war, wurden doch für die erste Zeit an den Schwingungsbäuchen der elektrischen Komponente Zehnder-Röhren über die Primärdrähte gelegt, u. zw. nach unten zu, an den Stellen e_1, e_2, e_3 (s. Figur 2), während die Röhren der Sekundärkreise über dem Baryumplatincyanür standen, in m_1 und m_2. Man hatte dann sofort die Erscheinung dreier leuchtender Röhren (nach unten leuchtend), von der elektrischen Kraft herrührend, und dazwischen (nach oben) zwei leuchtende Röhren, von der induzierenden magnetischen Kraft herrührend.

Auch die Zehnder-Röhren auf dem Primärkreis waren auf der untersten Leiste des Rahmens verschiebbar eingerichtet, um zu zeigen, daß sie an den Knotenstellen der elektrischen Kraft, also in m_1 und m_2, nicht ansprechen. Durch leichte Neigung nach vorne konnten dann die „primären“ Röhren von der Drahtebene abgehoben werden, um einerseits das leuchtende Band der Primärleitung, andererseits auch das Leuchten der „sekundären“ Röhren besser hervortreten zu lassen, das naturgemäß schwächer war als das Leuchten der „primären“ Röhren. Es stellte sich dabei heraus, daß die Warburg-Zehnder-Röhren auf die Wellen besser ansprachen als Heliumröhren älterer Konstruktion. Die ganze Anordnung hat den Vorteil der getrennten Demonstration beider Komponenten, und zwar gleichzeitig an mehreren Stellen, so daß das unbequeme Auswechseln verschiedenartiger Sekundärapparate sowie das Verschieben dieser auf längere Strecken fortfällt.

Übrigens wurde verschiedentlich zu den Versuchen auch Lamettaband (0,1 mm dick und 0,5 mm breit) benutzt an Stelle der Lecherschen Drähte. Die Leuchterscheinung trat dann ebenfalls sehr gut ein, wobei allerdings die Wellenlänge etwas kleiner war. Namentlich auf dem Baryumplatincyanür wurden dadurch zwei sehr stark fluoreszierende Streifen von ziemlicher Breite hervorgerufen.

In ähnlicher Weise wurde auch an der Seibtschen Spirale der Verlauf der magnetischen Komponente nachgewiesen; die Lage der Komponenten ist in diesem Falle eine viel kompliziertere; die magnetische Kraft verläuft im wesentlichen parallel zur Spiralenachse (Näheres siehe Dissertation S. 29—35). Auch die Wehneltröhre konnte zum Nachweis der magnetischen Kraft am Lecherschen System herangezogen werden (Dissertation S. 46—49).

[1]) E. Dorn, Ann. d. Phys. 16, S. 784, 1905; 20, S. 127, 1906.

Die Wirkungsgröße der statischen Elektrizität.

Von
Dr. **Hans Dircks** in Brandenburg a. H.

In seinem vor etwa Jahresfrist erschienenen Werk über die technische Behandlung des physikalischen Unterrichts gibt Friedrich C. G. Müller ein Verfahren an, vor der Klasse die Elektrizitätsgrößen der Ladungen von Leydener Flaschen zu bestimmen. Er treibt die Influenzmaschine mittels des Elektromotors[1]) und erhält nun einen konstanten Strom, dessen Stärke mit Hilfe des Spiegelgalvanometers zu ermitteln ist. Ladet man nun nach dem Takt des Sekundenpendels, so kann man mit Hilfe der Influenzmaschine eine Leydener Flasche oder Batterie mit einer beliebigen Ladung, die genau nach Mikro-Coulomb bestimmt ist, versehen.

Durch diesen Versuch ist es möglich, den Schülern einen Begriff von der geringen Wirkungsgröße des Funkens einer Flasche oder Batterie zu verschaffen. Sei in elektrostatischen Einheiten C die Kapazität der Leydener Flaschen, d. h. die Elektrizitätsmenge, die nötig ist, um die Spannung der Flasche von 0 auf 1 zu erhöhen, V die Spannung selbst, dann ist $E = V \,.\, C$, worin E die Ladung der Flasche bedeutet. Bei der Entladung fällt die Spannung von V auf 0, d. h. die mittlere Spannung während der Entladung ist $V/2$. Da nun die geleistete Arbeit proportional der Elektrizitätsmenge und der Spannung sein muß[2]), so ist $A = {}^1/_2 E V$; hierin ist A in Erg ausgedrückt.

Die Größe C kann nun für jede Flasche dadurch bestimmt werden, daß man unter Benutzung der Maßflasche die Flasche mit einer bestimmten Ladung versieht und zugleich mit dem eingeschalteten Braunschen Elektrometer die Spannung bestimmt.

Etwas kürzer, wenn auch vielleicht mit etwas geringerer, immerhin aber für unseren Zweck genügender Genauigkeit findet man die gesuchte Kapazität durch Berechnung nach der Formel[3]):

$$C = \frac{k \,.\, S}{4 \pi d},$$

in der S den Flächeninhalt der inneren Belegung, d. h. Bodenkreisfläche + Zylindermantel derselben, d die Dicke der isolierenden Glasschicht, k die Dielektrizitätskonstante des Glases bedeutet, deren Wert zwar bei den Flaschen zwischen 3 und 7 schwanken kann, deren Mittelwert wir aber für die praktische Berechnung ohne allzugroße Ungenauigkeit mit $k = 5$ annehmen können. Die in unserem Kabinett vorhandenen einzelnen Flaschen der größeren Batterie von vier Flaschen haben eine Belegung von $^1/_4$ qm = 2500 qcm. (Es ist: $r = 11{,}2$, $h = 30$ cm, $r^2 \pi + 2 r \pi h = \sim 2500$ qcm.)

Da die Glasdicke $\sim 0{,}4$ cm beträgt, so ist:

$$C = \frac{5 \,.\, 2500}{4 \pi \,.\, 0{,}4} = \sim 2490 \text{ cm},$$

d. h. die Flasche hat die Kapazität einer Kugel von ~ 50 m Durchmesser[4]).

Unbequem ist hier zunächst, daß die Werte von C, E und V in elektrostatischem Maß ausgedrückt sind. Es ist jedoch:

1 elektrostatische Einheit der Elektrizitätsmenge E	$= \frac{1}{3 \,.\, 10^9}$	Coulomb,
1 - - des Potentials V	$= 300$	Volt,
1 - - der Kapazität C	$= \frac{1}{9 \,.\, 10^{11}}$	Farad,
	$= \frac{1}{9 \,.\, 10^5}$	Mikrofarad.

[1]) Friedr. C. G. Müller, Technik des physikal. Unt., S. 285.

[2]) nach Riesz.

[3]) Müller-Pouillet, Bd. III, 9. Aufl., S. 258.

[4]) Friedr. C. G. Müller fand für die genannte ganze Batterie von 4 Flaschen durch Versuch eine Kapazität von 0,0112 Mikrofarad, d. h. 10080 elektrostatische Einheiten, also für die einzelne

Setzen wir diese Werte in die Formeln $E = V \,.\, C$ und $A = {}^1/_2 E \,.\, V$ ein und beachten, daß 1 Erg $= \dfrac{1}{9{,}81 \,.\, 10^7}$ mkg, so erhalten wir damit statt obiger Formeln diejenigen in dem gebräuchlichen Maßsystem:

$$\text{Coulomb} = \text{Volt} \,.\, \text{Farad}, \text{ also } E = V \,.\, C,$$

und

$$\text{Arbeit} = \frac{\text{Volt} \,.\, \text{Coulomb}}{2 \,.\, 9{,}81}, \text{ also } A = 0{,}051 \; V \,.\, E = 0{,}051 \text{ Voltcoulomb}.$$

A wird durch diese Formel in mkg berechnet. Die durch diese Arbeit erzeugte Wärme ergibt sich aus:

$$1 \text{ Cal} = 424 \text{ mkg}, \; 1 \text{ mkg} = {}^1/_{424} \text{ Cal} = {}^{1000}/_{424} \text{ cal}.$$

Dann ist:

$$W = 0{,}12 \; V \,.\, E = 0{,}12 \text{ Voltcoulomb}.$$

Es hatte nun jede der vorher bezeichneten Leydener Flaschen unserer großen Batterie eine berechnete Kapazität von 2490 cm. Mit Benutzung der vorstehenden Umformungstabelle ergibt dies 0,0027666 ... Mikrofarad $= \dfrac{0{,}2766 \ldots}{10^8}$ Farad.

Laden wir diese Flasche mit 87 Mikrocoulomb oder $\dfrac{87}{10^6}$ Coulomb, so ist $V = E/C = \dfrac{87}{10^6} : \dfrac{0{,}2766 \ldots}{10^8} = 31\,400$ Volt. Die beim Entladen geleistete Arbeit des Funkens beträgt

$$A = 0{,}051 \,.\, 31\,400 \,.\, \frac{87}{10^6} = 0{,}00139 \text{ mkg} = \frac{1}{720} \text{ mkg}.$$

Diese als Wärme geleistete Arbeit erzeugte

$$W = 0{,}12 \,.\, 31\,400 \,.\, \frac{87}{10^6} = 0{,}3278 \text{ cal},$$

d. h. drei derartige Funken sind nötig, um soviel Wärme zu liefern, daß 1 g Wasser um 1° C. erwärmt wird, 3000 solcher Funken, um mit der gelieferten Wärme ein Liter Wasser nur um 1° C. zu erwärmen, falls nämlich die gesamte gelieferte Wärme dem Wasser zugeführt werden könnte.

Dabei ist die Stärke der Entladung nicht einmal gering. Nach einem von Chrystal[1]) aufgestellten Gesetz herrscht zwischen Spannung und Funkenlänge die Gleichung:

$$V = 4{,}997 + 99{,}595 \; l,$$

wo V in elektrostatischen Einheiten, l in cm gegeben. Da nun aber nach unserer Maßvergleichstabelle $1 \; V = 300$ Volt, so lautet obige Gleichung in den gebräuchlichen Maßeinheiten:

$$V = (4{,}997 + 99{,}595 \; l) \,.\, 300 \text{ Volt}$$

oder

$$V = (1499{,}1 + 29\,878{,}5 \; l) \text{ Volt}.$$

Der obigen Spannung von 31400 Volt entspricht hiernach eine Funkenlänge von 1 cm. Eine solche Entladung, mit unserer Hand ausgeführt, würde uns einen sehr stark empfindlichen elektrischen Schlag geben. Wie winzig ist nun die Wirkung dieses Funkens gegen jene des Blitzes, der eine Funkenlänge von Kilometern Länge besitzt, der Metallmassen zu schmelzen vermag, Gebäude entzündet, Bäume spaltet in mechanischer Wirkung und dicke Krampen aus den Wänden reißt.

Flasche 2520. Der Fehler obiger Rechnung beträgt demnach 1,18% gegen den Versuch, ist also sehr gering. Genauer muß natürlich der Versuch immer sein, weil bei der Berechnung nicht der ganz genaue Wert von k, sondern nur ein Mittelwert gewählt wurde.

[1]) Müller-Pouillet, a. a. O. S. 250.

Interessant ist auch die Aufgabe: Wie stark muß man eine Batterie laden, um Funken von bestimmter Länge zu erhalten? Ein Beispiel wird dies am besten erläutern. Die mehrfach angeführte Batterie von vier Flaschen pflegen wir derartig bei Vorführung der elektrostatischen Versuche über die Wirkungen der Elektrizität zu laden, daß die Funkenlänge etwa 3 cm beträgt, also auf 3 cm Schlagweite.

Nach unserer Formel ist dann:

$$V = (1499{,}1 + 29\,887{,}5 \,.\, 3) \text{ Volt}$$
$$= 91\,162 \text{ Volt},$$

d. h. die Spannung der geladenen Batterie beträgt 91 162 Volt oder rund 91 000 Volt.

Die berechnete Kapazität einer Flasche beträgt 2490 cm, die der Batterie 9960 elektrostatische Einheiten oder $\frac{9960}{9 \,.\, 10^{11}} = \sim \frac{1107}{10^{11}}$ Farad. Hieraus ergibt sich die zur Ladung der Batterie zuzuführende Elektrizitätsmenge $E = V \,.\, C = \frac{91\,000 \,.\, 1107}{10^{11}} = 0{,}001\,007\,37$ Coulomb oder rund 1000 Mikrocoulomb. Die vom Entladungsfunken geleistete Arbeit beträgt:

$$A = 0{,}051 \,.\, 91\,000 \,.\, 0{,}001$$
$$= 4{,}641 \text{ mkg}.$$

Diese in Gestalt von Wärme umgewandelte Arbeit entspricht:

$$W = 0{,}12 \,.\, 91\,000 \,.\, 0{,}001$$
$$= 10{,}82 \text{ cal},$$

d. h. es gehören immerhin noch 92 solcher Funken dazu, um mit der gebildeten Wärme 1 Liter Wasser von 0° auf 1° C. zu erwärmen. Trotz der scheinbar kolossalen Wirkungen der statischen Elektrizität ist die wirklich geleistete Arbeit selbst bei sehr starken Ladungen doch nur winzig gering.

Wie gering auch in Wirklichkeit die bei der Ladung zugeführte Elektrizitätsmenge ist, zeigt ein Vergleich mit der galvanischen Elektrizität. Ein Daniellsches Element von 1,08 Volt Spannung und 0,28 Ω innerem Widerstand treibe eine elektrische Klingel mit 0,38 Ω Widerstand. Die Leitung habe 0,24 Ω Widerstand; dies würde einer Doppelleitung von ∼ 16 m Länge und 0,8 mm Drahtdurchmesser entsprechen. Die Stromstärke wäre demnach:

$$i = \frac{e}{w} = \frac{1{,}08}{0{,}28 + 0{,}38 + 0{,}24} = \frac{1{,}08}{0{,}9} = 1{,}2 \text{ Amp}.$$

Unsere Batterie im letzten Beispiel wurde nun mit 0,001 Coulomb auf 3 cm Schlagweite geladen. Durch den Leitungsquerschnitt in obiger Anlage geht also in einer Sekunde eine $\frac{1{,}2}{0{,}001} = 1200$mal so große Elektrizitätsmenge, wie zu jener starken Ladung der benutzten Batterie nötig ist.

Kritische Bemerkungen zur neuesten Methode der Einführung der elektromagnetischen Einheiten im Unterricht.

Von

Prof. Dr. **Friedrich C. G. Müller** zu Brandenburg a. H.

Die von Gauss und W. Weber begründete klassische Methode zur Bestimmung magnetischer und elektrischer Größen im absoluten elektromagnetischen Maßsystem, die auch au der Oberstufe höherer Schulen experimentell vorgeführt und in Schülerübungen behandelt wird, läßt, auch wenn an Stelle der Schwingungsbeobachtung eine Dynmesserablesung tritt, vom didaktischen Standpunkt aus an unmittelbarer Anschaulichkeit etwas zu wünschen übrig. Denn die Polstärke des Hilfsmagneten und die Horizontalintensität erscheinen bei

der grundlegenden magnetometrischen Operation erst als Ergebnis einer längeren, nicht ganz einfachen Rechnung. Indessen bleibt zu berücksichtigen, daß die Herleitung der absoluten elektromagnetischen Einheiten erst auf einer Unterrichtsstufe erfolgt, wo die erforderliche Übung im physikalischen Denken und einige Fertigkeit in der Anwendung der Elementarmathematik vorausgesetzt werden kann, und wo die Verknüpfung verschiedenartiger Beobachtungen in einer längeren Kette von Denkoperationen ebenso lehrreich wie fesselnd ist. Gleichwohl soll nicht bestritten werden, daß der gänzliche oder teilweise Ersatz der Gauß-Weberschen Methode durch eine einfachere und übersichtlichere für Unterrichtszwecke erstrebenswert ist. Deshalb muß das kürzlich erschienene Sonderheft II, 2 der Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft aus der Feder Grimsehls: „Experimentelle Einführung der elektromagnetischen Einheiten", die ganze Aufmerksamkeit der Physiklehrer auf sich lenken. Bei der Wichtigkeit des Gegenstandes wird man aber auch nicht unterlassen dürfen, die neue Methode und die zu ihrer Durchführung vorgeschlagenen Apparate und Versuchsanordnungen auf ihren inneren Wert und ihre praktische Brauchbarkeit gewissenhaft zu prüfen.

1. Die Grundlage der „Einführung der elektromagnetischen Einheiten" bildet die Polstärkebestimmung eines Vergleichsmagneten in absoluten Einheiten. Dieser erste Abschnitt ist im Sonderheft unter Hinweis auf eine frühere Abhandlung über die Grimsehlsche Polwage (d. Zeitschr. *XVI 335*) mit wenigen Zeilen erledigt. Wir unterlassen jedoch nicht, die gedachte Polwage und die ihr zugewiesene Anwendung kritisch anzusehen. In nebenstehender Fig. 1 ist sie in der günstigsten Gebrauchsstellung skizziert. Eine ähnliche Zeichnung dürfte auch bei der ersten Vorführung des Apparats anzufertigen und zu erörtern sein. Ein Blick auf die Zeichnung lehrt, daß die neben der Hauptkraft (SS_1) noch wirksame zweite Kraft (NS_1) keine verschwindende Größe ist. Da der Unterricht in den Oberklassen aber streng darauf zu halten hat, daß die Schüler bei messenden Versuchen sich stets von den Fehlergrenzen Rechenschaft geben und niemals Korrektionsglieder als verschwindend ansehen, ohne deren Betrag irgendwie festgestellt zu haben, so darf auch in unserm Falle das Korrektionsglied nicht unbestimmt oder gar unbeachtet bleiben. Die Schüler finden nach einer leichten, kurzen Rechnung, daß bei den in Fig. 1 wiedergegebenen Verhältnissen das von dem ferneren Pol der festen Nadel ausgehende Drehungsmoment (NS_1) nicht weniger als 7,8 % der Kraft (SS_1) ausmacht, weshalb seine Vernachlässigung einen um 3 % zu niedrigen Wert für die Polstärken bedingte. Nimmt man gar einen Abstand von 11,3 cm zwischen den Polen S und S_1, wie es bei dem Versuche *XVI 339* geschehen, so wird die Kraft des zweiten Pols bereits 17 % betragen. Vernachlässigung des Korrektionsgliedes wäre also gleichbedeutend mit einem groben Fehler. Demnach muß die völlige Nichtbeachtung desselben in der angeführten Abhandlung wie im Sonderheft geradezu als unerklärlich erscheinen.

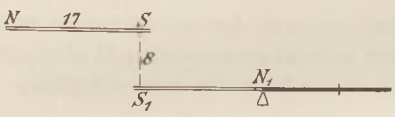


Fig. 1.

Es bleibt zu überlegen, ob von der gedachten Polwage auch bei Berücksichtigung des Korrektionsgliedes exakte Resultate zu erwarten sind. Wenn man näher zusieht, findet man diese Frage schon a. a. O. (*XVI 335*) mit einem deutlichen Nein beantwortet. Die gegenseitige Influenz zweier naher, kräftiger Magnetpole sowie ihre keineswegs punktförmige Beschaffenheit bewirkt ja, daß ihre Wechselwirkung nicht mehr im Einklang bleibt mit dem Coulombschen Gesetz. Obendrein ist dieser Fehler versteckt, schwer zu bestimmen und von Zufälligkeiten, wie der Beschaffenheit des Stahls, abhängig.

Schließlich sei noch einer konstruktiven Unzuträglichkeit der Polwage gedacht. Da es sich um kleine Kräfte handelt, und Zehntel Dyn abgelesen werden sollen, muß die Wage die Empfindlichkeit einer guten Analysenwage haben. Dann darf sie aber bei der Länge ihrer Arme und Zunge nicht ohne schützenden Kasten bleiben. Wird ein solcher aber vorgesehen, so verliert sie ihre Einfachheit und Handlichkeit. Und man fragt: Warum nehmen wir nicht gleich die in der Sammlung vorhandene feine Wage selbst? Man hat nur nötig,

die bewegliche Nadel auf einer Schale irgendwie festzulegen und ihr freies Ende durch einen Schlitz einer in die Türöffnung des Kastens gestellten Pappscheibe ragen zu lassen und sonst so zu verfahren wie bei der Polwage. Eine solche Versuchsanordnung könnte wenigstens zu einer exakten Experimentaluntersuchung über die Art und Größe der gegenseitigen Störung, welche eine Abweichung vom Coulombschen Gesetz bedingt, gute Dienste leisten.

Schließlich bleibt noch festzustellen, daß die Polwage auch vom pädagogischen Standpunkte aus einen schweren Mangel zeigt. Bei der Einführung der absoluten Einheit des Magnetismus bildet das Coulombsche Gesetz doch die Grundlage. Dieses läßt sich aber mit der Polwage nicht einmal bestätigen, geschweige denn herleiten. Ja, nach dem Vorangegangenen kann die Polwage den Glauben an jenes Gesetz nur ins Wanken bringen. Wir werden also die gute alte Methode der Ablenkung einer kleinen Lichtzeigernadel durch einen Pol eines nur 3 mm dicken, aber 2 m langen Magnetstabes sowieso zur Ausführung bringen und mit ihrer Hilfe das Coulombsche Gesetz binnen wenigen Minuten ebenso anschaulich wie exakt vor der Klasse experimentell herleiten. —

2. Der zweite Teil der unter den Titel des Sonderhefts fallenden Aufgabe, die Feststellung der absoluten elektromagnetischen Stromeinheit, ist ebenfalls in eigenartiger Weise angefaßt worden. Das Erdfeld hat hier wie im ganzen System keine Rolle zu spielen. Der Pol einer magnetischen Stricknadel dient der Messung als Unterlage. Die Stärke dieses Pols stellte man zuvor in der besprochenen Weise mittels der Polwage ohne Beachtung des Korrektionsgliedes und der anderen Fehlerquellen ziffernmäßig fest. Der Pol dieser in Vertikalstellung an einem Wagebalken befestigten Stricknadel soll nun der Fig. 2 gemäß genau in den Krümmungsmittelpunkt eines nach einem Kreise von 1 cm Radius gebogenen Stromleiters von 1 cm Länge gebracht werden. Die vom Strom auf den Pol ausgeübte Transversalkraft läßt sich dann ähnlich wie bei der magnetischen Polwage mittels eines Reiters in Dyn bestimmen. Ein Strom, welcher den Pol von der Stärke 20 mit der Kraft von 20 Dyn abwärts treibt, soll dann als Einheitsstrom gelten.

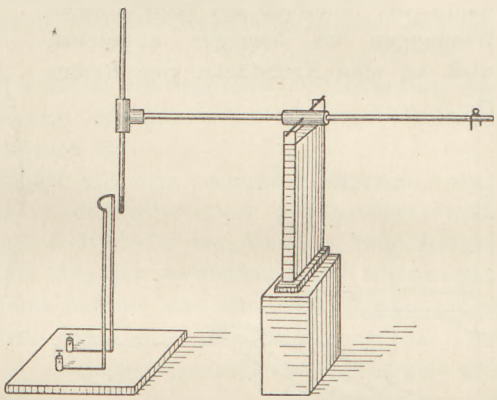


Fig. 2.
(aus E. Grimsehl „Experimentelle Einführung“ etc. Sonderheft II 2, Fig. 10.)

Diese Versuchsanordnung erweckt zunächst aus meßtechnischen Erwägungen die größten Bedenken. Wie sollen die Schüler sehen oder nachprüfen, daß alle Dimensionen bis auf den Bruchteil eines Millimeters stimmen? Da es sich nur um 10 Millimeter handelt, veranlaßt eine Abweichung der Drahtlänge oder der Pollage um nur 1 mm bereits einen Fehler von 10 %. Allerdings hat diese Unsicherheit das Angenehme, daß unter Umständen ein Fehler durch einen andern kompensiert wird.

Die gedachte Versuchsanordnung birgt in der Tat noch eine zweite Fehlerquelle physikalischen Ursprungs. Bei der Einwirkung einer Spule oder Stromschleife auf den axial gestellten Magnetstab wird selbstverständlich zu dem bereits vorhandenen noch temporärer Magnetismus hervorgerufen, insonderheit in dem weichen Stahl einer Stricknadel. Würde nicht auch eine ganz unmagnetische Stricknadel in die Schleife gezogen werden? Infolge dieser Influenz ist die hineinziehende Wirkung einer Stromschleife auf einen axialen Magnetstab bekanntermaßen ungleich stärker, als es dem Laplaceschen Gesetz entspricht. Ein nach solchem Prinzip gebautes Galvanometer kann nur empirisch graduiert werden. Für absolute Messungen ist es unbrauchbar.

Zu den beiden angeführten, für das Schülerauge halbwegs versteckten Fehlern gesellt sich schließlich noch ein ganz elementarer. Die beiden vertikalen Stromzuleiter sind nicht

etwa, wie angenommen wird, unwirksam, sondern sie treiben den Pol der Ampereschen Regel gemäß nach links. Und diese Kraft wirkt nach dem Hebelgesetz rechtsdrehend an einem Arm gleich der halben Länge der Stricknadel. Es trifft sich glücklich, daß dieses Drehungsmoment dem vom Bogen ausgehenden entgegengesetzt ist. So kann es kommen, daß dieser Apparat zufällig oder mit geringen Beihilfen die erwünschten Resultate geben kann. —

3. Auch bei der Lösung der dritten Hauptaufgabe, der Aufstellung der absoluten Spannungseinheit auf Grund des Induktionsgesetzes, ist das uns von Natur zur Verfügung gestellte, ausgezeichnet homogene Erdfeld völlig umgangen. Es wird ein künstliches Feld geschaffen, trotzdem der Abschnitt mit den Worten beginnt: „Ein vollkommen homogenes Feld läßt sich praktisch nicht herstellen“. Der Verfasser verwendet einen großen Stromring von 10×10 Windungen mit einem mittleren Radius von 31,4 cm. Ein Strom von 5 Ampere muß im Mittelpunkte dieses Ringes die Feldstärke 10 hervorrufen. Wie ist es aber mit der Homogenität bestellt? Das Sonderheft sagt: „Der Raum, der innerhalb der kreisförmigen Windungen als homogen angesehen wird, ist eine Kreisfläche vom Radius

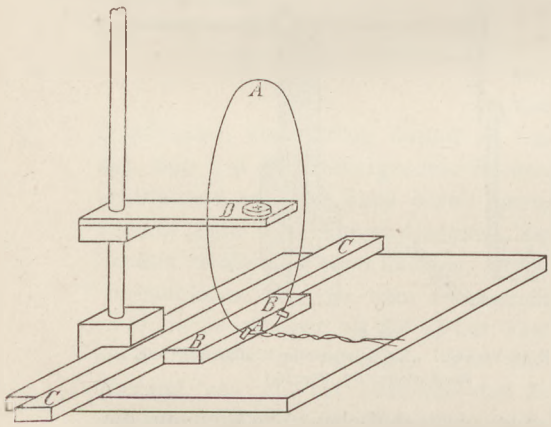


Fig. 3.

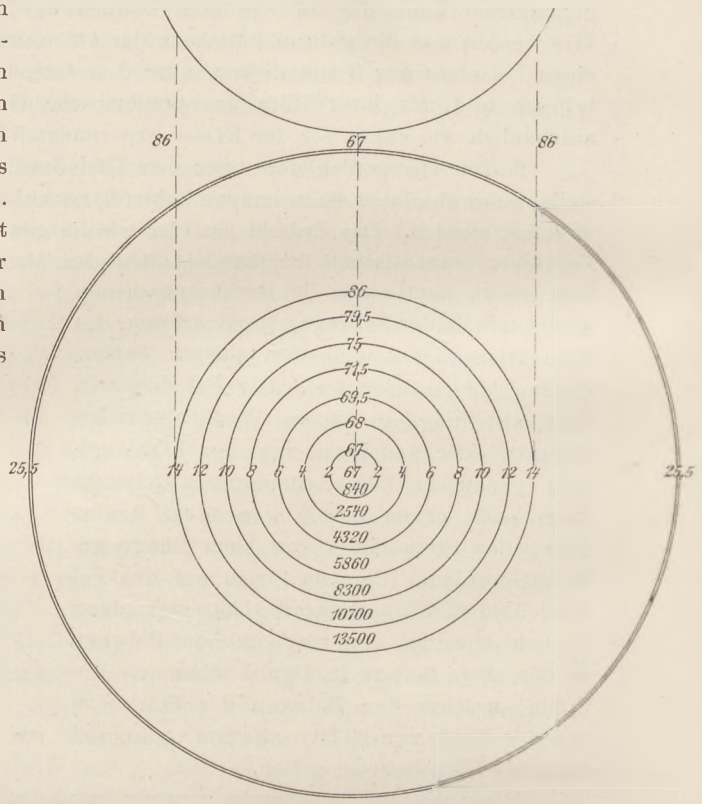


Fig. 4.

$r = 17{,}8$ cm“, also eine Fläche von 1000 qcm mit angeblich 10 000 Kraftlinien. Ein Beweis für diese Behauptung wird nicht erbracht; es sei denn die Bemerkung: „die unmittelbare Anschauung des Feldbildes zeigt, daß in einem verhältnismäßig großen Gebiet um den Mittelpunkt herum das Feld annähernd homogen ist“. Es handelt sich dabei um Eisenfeilichtkurven in einer Stromschleife von 5 cm Durchmesser, und es ist gewiß etwas Neues, daß jemand aus solchen Streufiguren mehr als die Richtung der Kraftlinien ersehen kann. Aber, davon ganz abgesehen, mußte es doch nahe liegen, die behauptete Homogenität schärfer experimentell zu erweisen und womöglich vor den Schülern zu demonstrieren.

Um Klarheit zu schaffen, habe ich selbst eine solche Experimentaluntersuchung durchgeführt; daß die Aufgabe auch theoretisch behandelt worden ist, nehme ich als gewiß an. Fig. 3 zeigt die mit ganz einfachen, auf jeder höheren Schule vorhandenen Hilfsmitteln zusammengestellte Versuchsanordnung. Der einfache Stromring A[1]) ist an einer Leiste B in

[1]) Derartige ringförmige Leiter erhält man leicht und billig, wenn man um einen der in

vertikaler Stellung befestigt. Die auf dem Experimentiertische in der Richtung des magnetischen Meridians festgelegte Leiste C dient zur Führung, so daß der Ring genau in seiner Ebene verschoben werden kann. Die Bussole D mit kleiner Nadel steht fest auf einem Stativ. Statt ihrer kann behufs Demonstration auch eine Lichtzeigernadel in Stellung gebracht werden. Durch den Ring wurde bei etwa 0,4 Ohm Widerstand der durchaus konstante Strom von 6 großen, parallelgeschalteten Akkumulatoren geleitet. Die erhaltenen Ergebnisse sind in Fig. 4 eingezeichnet. Die horizontale Zifferreihe bedeutet die Abstände vom Mittelpunkte in Zentimetern; die obere die in diesen Abständen erhaltenen Tangenten der Nadelablenkung, und zwar verhundertfacht; die untere die in den betreffenden Kreisringen vorhandenen Kraftlinien, ausgedrückt durch die oberen Ziffern, wobei als mittlere Felddichte das arithmetische Mittel aus den beiden Randziffern genommen wurde. Die über dem Ringe sichtbare Kurve veranschaulicht den Verlauf der Felddichte.

Nach Ausweis dieser Versuchsergebnisse ist das Feld in der Ebene eines Kreisstromes nur innerhalb eines Umkreises von $^1/_6$ Ringdurchmesser bis auf 1 Prozent homogen. Im Abstande $r/_2$ vom Mittelpunkte ist seine Stärke bereits um 18 % größer; am Rande des von Grimsehl als homogen angenommenen Feldes ($17{,}8/31{,}4 = 0{,}566\,r$) würden sogar 28 % herauskommen. Die mittlere Stärke dieses Feldes ergibt sich um 12 % größer, als angenommen worden. Statt der 10000 gehen 11200 Kraftlinien hindurch. Selbstverständlich kann man nur durch Einsetzung dieser auf experimentellem Wege mühsam erhaltenen Zahl den wahren Wert der Induktion erhalten, wenn man durch Drehen eines kurbelartigen Leiters, welcher auf einem das Feld umschließenden Metallring schleift, sämtliche Kraftlinien in einer Sekunde durchschneidet.

Messungsreihen werden an dieser wichtigen Stelle des Sonderhefts ebensowenig mitgeteilt wie beim Kapitel der absoluten Strommessung. Möglicherweise tritt bei Vorführung des Apparats wieder eine zufällige Fehlerkompensation ein.

Zum Schluß sei noch hervorgehoben, daß die mit dem gedachten Apparate zu erzielende elektromotorische Kraft nicht über die eines Erdinduktors gewöhnlicher Größe hinausgeht (vergl. meine Technik d. physik. Unterr., S. 313). Es wird also ein feines Spiegelgalvanometer erforderlich. Mithin wird der ganze Apparat verwickelter und kostspieliger als der Erdinduktor; denn es kommt ja noch eine Batterie und ein guter Amperemesser für den Feldstrom hinzu. Die neue Methode dürfte daher auch nach Erledigung aller Vorfragen nicht beanspruchen können, die klassische, zu Demonstrationen wohl geeignete alte aus den Lehrsälen und Laboratorien zu verdrängen.

Noch ungünstiger als bei den gedachten Induktionsversuchen liegen die Verhältnisse bei der in § 6 des Sonderhefts beschriebenen, in Fig. 14 und 15 daselbst abgebildeten Versuchsanordnung zur quantitativen Bestimmung der ponderomotorischen Kraft besagten Feldes auf ein quer hindurchgelegtes Stromstück. Der Apparat ist eine Abänderung des in den Physikbüchern abgebildeten Apparats für die Rotation radialer Ströme in einer ringförmigen, stromdurchflossenen Spule. Das Neue liegt darin, daß ein Torsionsdraht angebracht ist, um die drehende Kraft zu messen. Es ist nun klar, daß auf den radialen Bügel die am Rande des Feldes dichter liegenden Kraftlinien mit ihrer ganzen Kraft in Ansatz kommen, daß also in unserem Falle das Drehungsmoment nicht dem Durchschnitt der Feldstärke entsprechend um 15 % größer ausfällt, als angenommen worden, sondern mindestens um 25 %.

Mit dem Vorstehenden dürften die Hauptpunkte genügend erörtert sein. Es handelt sich dabei nicht um einen persönlichen Angriff, sondern um ein Eintreten für das Prinzip, daß auch Schulmethoden und Lehrapparate, namentlich die messenden, ebenso gewissenhaft und wissenschaftlich bearbeitet werden wollen und sollen wie Aufgaben der hohen Wissenschaft.

Spielwarenläden käuflichen Holzreifen eine oder mehrere Windungen Haustelegraphendraht mittels Isolierband oder Bindfaden befestigt.

Erwiderung auf die „kritischen Bemerkungen“ des Herrn Fr. C. G. Müller.

Von

E. Grimsehl in Hamburg.

Der vorstehende Aufsatz des Herrn Fr. C. G. Müller enthält eine größere Zahl von Aussetzungen an meiner Abhandlung „Experimentelle Einführung der elektromagnetischen Einheiten“ und zwingt mich daher zu einer Erwiderung.

In seinem Schlußsatze tritt Herr Müller für das Prinzip ein, daß Schulmethoden und Lehrapparate ebenso gewissenhaft und wissenschaftlich behandelt werden wollen und sollen wie Aufgaben der hohen Wissenschaft. Ich habe gegen dieses Prinzip absolut nichts einzuwenden, stimme ihm vielmehr aus voller Seele bei. Dennoch besteht m. E. ein gewaltiger Unterschied zwischen den Aufgaben des physikalischen Schulunterrichtes und den Aufgaben wissenschaftlicher Forschung. Der physikalische Schulunterricht hat die Aufgabe, die physikalischen Begriffe in den Köpfen der Schüler auf Grund von Beobachtungen so zu entwickeln und festzulegen, daß sie befähigt werden, mit diesen Begriffen zu denken und zu arbeiten. Die Aufgabe der hohen Wissenschaft dagegen ist in erster Linie Forscherarbeit und wird von Personen ausgeführt, die wissenschaftlich ausgereift sind, bei denen also schon vollständige Klarheit über die physikalischen Grundbegriffe vorhanden ist. Dieser Unterschied in der Aufgabe bestimmt denn auch den Unterschied zwischen der Schularbeit und der wissenschaftlichen Forscherarbeit. Wir haben in der Schule mehr Abstraktionen nötig als der wissenschaftliche Forscher, weil der Schüler die in Wirklichkeit komplizierten Naturvorgänge erst verstehen kann, nachdem er die einzelnen Faktoren, die bei dem Vorgange mitwirken, getrennt kennen gelernt hat. Da tritt denn der an und für sich bedauerliche, aber im Schulunterricht unvermeidliche Umstand ein, Versuchsanordnungen benutzen zu müssen, bei denen nur einzelne Faktoren vorwiegend in Wirksamkeit treten; wir sind in die Zwangslage versetzt, bei der Einführung eines Begriffes eben nur diesen zu berücksichtigen und die andern als (vorläufig) nebensächlich zu behandeln. Jeder erfahrene Schulmann, der sich in den Geist und die Gedankensphäre des Schülers hineinversetzt, weiß, wie groß die Schwierigkeiten sind, die der Schüler zu überwinden hat, um einen Begriff klar zu erfassen, daß man im Unterricht oft genötigt ist, durch Analogien der mannigfaltigsten Art die Entwicklung eines Begriffes der Fassungskraft des Schülers anzupassen, auch wenn die Analogien nur einen Teil des zu erläuternden Begriffes darstellen. Im besonderen ist es im Schulunterricht nötig, vereinfachende Hilfshypothesen als Arbeitshypothesen aufzustellen und diese später zu ergänzen bzw. vollständig zu verwerfen und durch andere zu ersetzen, nachdem sich herausgestellt hat, daß die Hilfshypothesen nur einen kleinen Teil der Naturerscheinungen zu erklären vermögen, daß aber beim genauen Nachschauen die Naturerscheinung so ganz anders verläuft, als es die Hypothese erwarten läßt. Dann ist es an der Zeit, die Ursachen der Abweichungen aufzusuchen, um mit ihrer Hilfe bessere, wenn auch noch immer nicht vollkommene Hypothesen aufzustellen. So muß man schrittweise weitergehen, um allmählich zu der Stufe aufzusteigen, die heute das Ergebnis sorgfältiger wissenschaftlicher Forschung ist. Ich wage, die Behauptung aufzustellen, daß ein Lehrer, der im Unterricht von vornherein mit den heute wissenschaftlich feststehenden (aber natürlich immer noch nicht endgültig abgeschlossenen) Begriffen, Gesetzen und Hypothesen beginnt, vor tauben Ohren predigt und den Schülern unverständlich bleibt, mit anderen Worten, daß er kein Lehrer ist. Von diesem Gesichtspunkte aus muß man den Schlußsatz des Herrn Müller betrachten, ehe man entscheidet, wie weit unsere Schulmethoden und Lehrapparate gewissenhaft und wissenschaftlich sind.

Herr Müller beanstandet die Benutzung meiner Polwage zur Bestimmung der Polstärke eines Magneten; vom rein wissenschaftlichen Standpunkte ganz mit Recht, denn der Begriff „Pol“ ist eine Fiktion. Wo haben wir denn einen punktförmigen Pol? Ist etwa der

von Herrn Müller vorgeschlagene 2 mm dicke und 2 m lange Stahldraht ein Träger zweier punktförmiger Pole? Macht Herr Müller nicht im Prinzip denselben Fehler, den er mir vorwirft, indem er seinen langen Magnetstab zum Nachweis des Coulombschen Gesetzes benutzt? Der Unterschied ist nur dem Grade nach vorhanden. Die Abweichungen seiner Messungsergebnisse vom Coulombschen Gesetze werden kleiner sein als die meinigen, dafür treten die Abweichungen bei mir klarer hervor. Nun erscheint mir aber die unterrichtliche Auswertung der Abweichungen vom Coulombschen Gesetze so wichtig, daß ich es garnicht wünsche, daß die Abweichungen nicht erkennbar werden.

Es trifft sich gut, daß im Septemberhefte dieser Zeitschrift Herr B. Kröger in einem Aufsatze über das „Coulombsche Gesetz" auseinandergesetzt hat, in welcher Weise bei uns die Abweichungen vom Coulombschen Gesetze unterrichtlich verwertet werden. Ich bin hier zu der Mitteilung gezwungen, daß Herr Kröger die erwähnte Arbeit auf meine Veranlassung ausgeführt und veröffentlicht hat, nachdem die entsprechenden Versuche unter meiner Leitung in den physikalischen Schülerübungen an unserer Schule ausgeführt worden waren. Vielleicht wird Herr Müller bei der Lektüre dieses Aufsatzes zu der Überzeugung kommen, daß wir uns nicht genügen lassen, das Coulombsche Gesetz nur angenähert nachzuweisen und die Abweichungen zu verschweigen. Für mich ist der Polbegriff eine Hilfsvorstellung und das Coulombsche Gesetz für die Fernwirkung des Magnetpoles eine Hilfshypothese. Konsequent würde man nur sein, wenn man den Polbegriff überhaupt nicht einführte, das Coulombsche Gesetz für den Magnetismus nicht erwähnte und die Polstärke nicht messen würde, denn ein präzises Korrelat dieses Begriffs existiert in der Natur nicht. Trotzdem behaupte ich, daß es methodisch falsch wäre, wollte man den Polbegriff nicht einführen, denn der Magnetpol, allerdings in unklarer Auffassung, ist den Schülern so geläufig, daß man dem Schüler unverständlich bliebe, wollte man die Wirkungen eines Magnetpols nicht an den Anfang des Unterrichts über Magnetismus stellen, und wollte man ferner das Gesetz über magnetische Fernwirkung, also das Coulombsche Gesetz, trotz seiner nur hypothetischen Natur nicht experimentell ableiten. Sache des Unterrichtes ist es dann, die Schüler rechtzeitig, d. h. nicht zu früh und auch nicht zu spät, darüber aufzuklären, daß beides nur Abstraktionen sind.

Herr Müller bezieht sich auch auf meinen früheren Aufsatz über die Polwage (diese Zeitschr. *XVI 334*). Ist ihm denn dabei vollständig entgangen, daß ich selbst auf die Abweichungen vom Coulombschen Gesetze klar und deutlich hingewiesen habe und auch die Gründe für die Abweichungen hervorgehoben habe? Die von Herrn Müller gemachte Bemerkung, daß die Abweichung der abstoßenden Kraft der beiden nächstliegenden Pole beim Abstande von 11,3 cm 17% beträgt, ist doch wohl kaum ernst zu nehmen. Herr Müller rechnet diese Differenz aus der nicht zutreffenden Voraussetzung heraus, daß beide Pole punktförmig sind, er berücksichtigt nur den einen Faktor, nämlich den Einfluß der entfernt liegenden Pole, nicht aber die Tatsache, daß die Polgebiete größere Ausdehnung haben. Von seinem Standpunkte aus ist das vielleicht berechtigt, nicht aber von meinem. Ich habe das Coulombsche Gesetz in dem angegebenen Aufsatze rein experimentell untersucht und finde die Gesetzmäßigkeit in dem Bereiche in der Nähe dieses Abstandes am besten in Übereinstimmung mit dem Coulombschen Gesetze; in diesem Meßbereich sind die störenden Faktoren am wenigsten störend, daher benutze ich gerade diesen Meßbereich auch zu weiteren Messungen. Nach Herrn Müller dürfte man die abstoßende Kraft nur in unmittelbarer Nähe der Pole untersuchen, doch ist dann der Einfluß der gegenseitigen Induktion der beiden genäherten Pole und die nicht punktförmige Gestalt der Polregion viel mehr störend als die andern Faktoren.

Übrigens muß ich noch bemerken, daß der Einfluß der entfernten Pole schon vor Herrn Müller in einem Aufsatze des Herrn Ruoss (diese Zeitschr. *XIX 89*) eingehend berechnet und veröffentlicht ist.

Was Herr Müller über die konstruktiven Unzuträglichkeiten der Polwage sagt, kann ich nur mit einem Achselzucken beantworten. Ich brauche wohl nur zu erwähnen, daß ich

die Polwage in vereinfachter Form, im wesentlichen aber nach demselben Prinzip gebaut, sogar den Schülern bei den Schülerübungen in die Hände gebe, und daß diese damit messen können.[1]) Nicht ohne Interesse ist auch die Bemerkung, daß eine ähnliche Polwage nach den Angaben von R. Heyden von der Firma Leppin und Masche konstruiert und in den Handel gebracht wird (diese Zeitschrift *XIX 198*). Die Polwage muß also doch nicht so ganz unbrauchbar sein, wie Herr Müller meint, der sie anscheinend nie in den Händen gehabt hat. Daß Herr Müller seine Methode zur Ableitung des Coulombschen Gesetzes und zur Bestimmung der Polstärke vorzieht, kann ich ihm ja weiter nicht verdenken, denn ich tue dasselbe mit der meinigen.

Was nun die übrigen Bemerkungen des Herrn Müller anlangt, so gebe ich unumwunden zu, daß die Messungen nur „Einführungen der Einheiten" bezwecken, also gar nicht den Anspruch auf wissenschaftlich absolute Genauigkeit machen, ich habe auch mit keinem Worte dieses in meinem Aufsatze erwähnt. Im Gegenteil hebe ich die Ungenauigkeit der mit dieser Anordnung ausgeführten Messung auf S. 16 des Aufsatzes ausdrücklich hervor. Sollte es aber nicht dennoch praktisch sein, vor den Schülern einen sichtbaren und greifbaren Versuch auszuführen, um die Einheit der Stromstärke auf Grund ihrer wissenschaftlichen Definition experimentell zu veranschaulichen? Oder zieht Herr Müller hier wirklich noch die Schwamm- und Kreidephysik vor? Die wissenschaftliche Definition der Stromeinheit ist auf Begriffe aufgebaut, die nur durch Abstraktionen gewonnen werden. Ich halte es für besser, diese Definition möglichst durch wirkliche Versuche zu erläutern; daß ich dann im Unterricht selbst Kritik anlege und die Schüler zur Kritik auffordere, ist mir so selbstverständlich, daß ich glaubte, es gar nicht hervorheben zu müssen; denn der Aufsatz ist für Lehrer berechnet, die auf Grund ihrer Lehrerfahrung selbst wissen müssen, daß jeder Versuch vor den Schülern einer gründlichen und sorgfältigen geistigen Durcharbeitung bedarf, nachdem er ausgeführt ist. Die Versuche sind doch keine Theatervorstellungen, bei denen alles mit oder ohne Kunststücke gut klappen muß.

Nun muß ich allerdings einen Fehler berichtigen, der mir bei der Ausführung der schematischen Zeichnung der Figur 10 in meinem Aufsatze untergelaufen ist. Ich habe, um die Figur übersichtlicher zu machen, die Stricknadel durch die Hülse durchgeschoben gezeichnet, während in Wirklichkeit der Pol in der Höhe des Wagebalkens liegt. Dadurch tritt das von Herrn Müller mit Recht beanstandete Drehmoment auf. Bei der wirklichen Ausführung des Apparates ist das aber nicht der Fall. Daß die Figur rein schematisch ist, ergibt ein Vergleich der Figur mit der Abbildung der wirklichen Polwage (diese Zeitschrift *XVI, S. 335, Fig. 1*).

Des ferneren beanstandet Herr Müller die Spannungsmessung oder vielmehr die Einführung der Spannungseinheit, indem er hervorhebt, daß das von mir benutzte Feld nicht homogen genug sei. Das klingt gerade so, als ob er da eine besondere Entdeckung mitteilen wollte. Aber ich selbst habe auf S. 12 unten und S. 13 oben in meinem Aufsatze ausdrücklich hervorgehoben, daß das Kraftfeld nach dem Rande zu stärker wird, und daß man mit der dort beschriebenen Anordnung die Untersuchung des Kraftfeldes zahlenmäßig durchführen kann, was ich übrigens im Unterricht (bei genügender Zeit) auch wirklich tue. Daß man dieses und noch vieles andere auch ganz anders ausführen kann, als ich es in meiner Abhandlung mitgeteilt habe, daß man etwa durch Schwingungsbeobachtungen oder durch Ablenkungsbeobachtungen auch die Untersuchung vornehmen kann, bezweifle und leugne ich keineswegs. Deshalb beanstande ich auch das von Herrn Müller beschriebene Verfahren zur Auswertung des Kraftfeldes nicht im geringsten, wohl aber die Polemik, die er daran geknüpft hat.

Ich beschließe meine Erwiderung mit der Bemerkung, daß ich bei der Veröffentlichung der Abhandlung von dem Gedanken geleitet war, einen Weg (von vielen möglichen) mit-

[1]) Siehe „Ausgewählte physikalische Schülerübungen", Beilage zum Jahresbericht der O. R. S. a. d. Uhlenhorst in Hamburg 1906, S. 31 ff.

zuteilen, wie man die sog. absoluten elektromagnetischen Einheiten experimentell im Unterricht einführen kann. Die Durchführung im Einzelnen konnte schon deshalb nicht beschrieben werden, weil sonst die Abhandlung den Umfang und Charakter eines Lehrbuches angenommen hätte. Daß die Abhandlung anregend gewirkt hat, dafür ist mir die Kritik des Herrn Müller Beweis genug.

Nachweis der Proportionalität zwischen der Stärke eines Stromes und der Stärke eines Magnetfeldes.

Von

E. Grimsehl in Hamburg.

In dem Aufsatze des Herrn Dechant, der im vorigen Hefte d. Zeitschr. dieselbe Überschrift trägt, beanstandet der Verfasser das Verfahren, einen Strom von doppelter Stärke dadurch herzustellen, daß man den Strom durch zwei sich deckende hintereinandergeschaltete Drahtkreise schickt. Er bemerkt, daß man zur Stromteilung greifen müsse, wenn man Stromstärken von einem bestimmten Verhältnis herstellen will.

Da ich, wie viele andere, von dem vom Verfasser beanstandeten Verfahren im Sonderheft d. Zeitschr., Bd. 2, Heft 2, 1907 S. 12 u. 13, ebenfalls Gebrauch gemacht habe, um die Proportionalität zwischen der Stärke eines Stromes und seiner magnetischen Feldstärke experimentell abzuleiten, so halte ich mich für befugt, das angewandte Verfahren zu verteidigen und nachzuweisen, daß das von Herrn Dechant angewandte Verfahren der Stromteilung ebensoviel oder richtiger ebensowenig beanstandet werden kann wie das von mir benutzte.

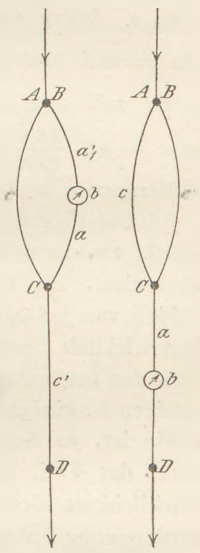


Fig. 1. Fig. 2.

Vorerst muß bemerkt werden, daß die vom Verfasser des Aufsatzes in einer Figur dargestellte Versuchsanordnung eine Komplikation enthält, die überflüssig ist und daher besser vermieden werden muß, um die Verhältnisse klarer zu durchschauen. Wenn statt des empfohlenen Schulwiderstandes von 10 Ohm eine mit drei Bohrungen versehene Klemme verwandt wird, z. B. eine Holtzsche Fußklemme, so rücken die beiden Punkte A und B mit der Spitze des oberen Pfeiles zusammen; dann wird das Bild der Stromverzweigung durch die hierneben stehende Fig. 1 dargestellt. Ich behalte am oberen Stromverzweigungspunkte die beiden von Herrn Dechant benutzten Buchstaben A und B bei und benutze auch im übrigen dieselben Buchstaben. Es sollen nun die Widerstände $a + b + a' = c = c'$ sein. Es möge bei der Stromzuleitung zwischen den Punkten AB und C die Spannungsdifferenz e bestehen, so besteht zwischen den Punkten C und D die Spannungsdifferenz $2e$, da der Widerstand zwischen AB und C halb so groß ist wie der zwischen C und D. In der Anordnung von Fig. 1 herrscht in der Tangentenbussole (b) nach dem Ohmschen Gesetz die Stromstärke $i = \frac{e}{c}$. Wird nun die Verbindung der Drähte bei B und D in Übereinstimmung mit der Angabe des Herrn Dechant vertauscht, so entsteht Fig. 2. Es fließt jetzt durch die Tangentenbussole (b) der Strom $i' = \frac{2e}{c} = 2i$, da ja zwischen den Punkten C und D die Spannungsdifferenz $2e$ besteht, und da am Widerstande nichts geändert wird.

Genau dasselbe hätte aber auch dadurch erreicht werden können, daß die Tangentenbussole (b) mit zwei getrennten Drahtwindungen versehen gewesen wäre, von denen nach Anordnung von Fig. 3 die eine vom Stromkreise BC, die andere vom Stromkreise AC durchflossen wäre, denn auch in diesem Falle durchfließt der ganze Strom, allerdings in zwei parallele Zweige geteilt, die Bussole. Es herrscht an den beiden Punkten AB und C die Spannungsdifferenz e, und der gesamte Widerstand des Stromkreises von AB bis C beträgt

$\frac{c}{2}$, also ist die Stromstärke $i'' = \frac{e}{c/2} = \frac{2e}{c} = 2i = i'$, d. h. ebensogroß wie vorher. Der Unterschied besteht nur darin, daß im ersten Falle die Klemmenspannung verdoppelt ist, um die Stromstärke zu verdoppeln, während im zweiten Falle ohne Veränderung der Klemmenspannung der Widerstand halbiert ist.

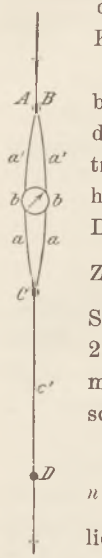


Fig. 3.

Nun ist es aber ganz einerlei, in welcher Weise der Strom i in jeder der beiden Zweigleitungen zustande kommt; es muß nur in jedem Zweige an den Enden die Spannungsdifferenz e herrschen, und der Widerstand jeder Leitung muß c betragen. Wenn man daher die beiden Windungsgruppen der Tangentenbussole hintereinander schaltet, und wenn man nun an die Enden der doppelt so langen Drahtleitung die Klemmenspannung $2e$ anlegt, so fließt auch jetzt in jedem einzelnen Zweige der Strom $i = \frac{e}{c}$, denn an den Enden der ersten Hälfte herrschen die Spannungen 0 und e, an den Enden der zweiten Hälfte die Spannungen e und $2e$. Hieraus folgt, daß es in der Tat für die Wirkung des Stromes einerlei ist, ob man die von Herrn Dechant beanstandete oder die von ihm gebilligte Stromschaltung anwendet. Es ist eben beides richtig.

Daß die Schlußweise des Herrn Dechant aus der (falschen) Formel $\operatorname{tg}\alpha = n \cdot \frac{2\pi^2 i}{r \cdot H}$ scheinbar zu seinen Gunsten spricht, hat seinen Grund darin, daß natürlich die Folgerungen aus einer falschen Formel zu Widersprüchen führen müssen. Wäre die Feldstärke proportional mit dem Quadrate der Stromstärke, so müßte die Formel lauten $\operatorname{tg}\alpha = n^2 \cdot \frac{2\pi i^2}{r \cdot H}$, während die von Herrn Dechant angegebene Formel schon mit dem Ohmschen Gesetze in Widerspruch steht. Aus der (möglichen) Formel $\operatorname{tg}\alpha = n^2 \cdot \frac{2\pi i^2}{r \cdot H}$, die zwar auch mit den Tatsachen im Widerspruch steht, würde der Widerspruch in der Schlußweise des Herrn Dechant nicht gefolgert werden können.

Die eigentliche Schwierigkeit, die zu einem experimentellen Nachweise der Proportionalität zwischen Stromstärke und Feldstärke zwingt, wird von Herrn Dechant vollständig übersehen. Sie besteht darin, daß man nicht ohne weiteres schließen kann, daß sich die beiden von jedem Stromleiter erzeugten Magnetfelder einfach addieren. Daß diese Schwierigkeit wirklich besteht, ergibt sich daraus, daß die Verhältnisse ganz anders werden, wenn man das magnetische Feld nicht in Luft (genauer genommen im luftleeren Raume) erzeugt, sondern in einem Raume, der mit ferromagnetischen Substanzen erfüllt ist. Wenn Eisen im Felde ist, so findet keine einfache Summierung der Feldstärken statt, denn das wäre nur dann der Fall, wenn die Permeabilität des Eisens eine Konstante wäre, was sie aber in Wirklichkeit nicht ist. Ein Stück Eisen, das sich in einem Stromfelde befindet, wird bei verdoppelter Stromstärke nicht doppelt so stark magnetisch wie bei einfacher Stromstärke. Dagegen zeigt der experimentelle Nachweis im lufterfüllten (bezw. -leeren) Felde, daß eine einfache Summierung der beiden magnetischen Teilfelder eintritt.

Zum Schluß muß ich noch mit ein paar Worten auf den im Eingange des Dechantschen Aufsatzes stehenden Satz zurückkommen, daß die Wärmewirkung in einem stromdurchflossenen Leiter dem Quadrate der Stromstärke proportional ist. Es wäre dringend erwünscht, den Satz stets so auszusprechen: Die Wärmewirkung ist dem Produkte aus Stromstärke und Spannung proportional. Das Quadrat der Stromstärke kommt erst dadurch in das Gesetz hinein, daß die Spannung nach dem Ohmschen Gesetz aus Stromstärke und Widerstand berechnet wird. Ändern wir an den Enden eines Stromleiters die Spannung nicht, sondern ändern wir bei gleichbleibender Spannung die Stromstärke durch Änderung des Widerstandes im Stromleiter, so ist die Wärmewirkung der ersten Potenz der Stromstärke proportional. So entwickelt z. B. eine mit 110 Volt brennende Glühlampe von 32 HK nur doppelt so viel und nicht viermal so viel Wärme wie eine mit 110 Volt brennende Glühlampe von 16 HK, obgleich auch hier im ersten Falle die Stromstärke doppelt so groß ist wie im zweiten Falle.

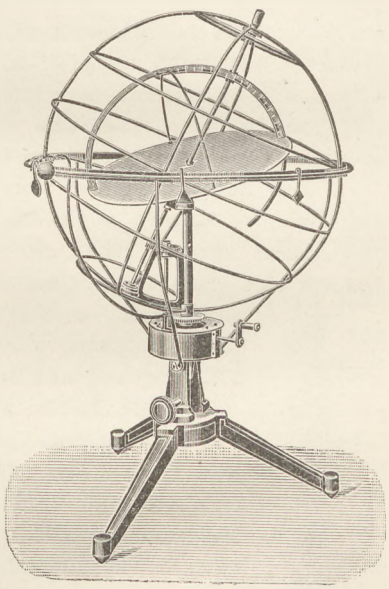
Die Vergrößerung der Stromstärke ist hier nur durch den dickeren Kohlefaden bestimmt, durch den bei derselben Spannung doppelt so viel Strom fließt wie durch den andern. Es ist die Stromstärke geändert, ohne daß gleichzeitig die Spannung geändert ist. Bringt man in das Joulesche Gesetz das Produkt aus Stromstärke und Spannung hinein, nicht aber das Quadrat der Stromstärke, so verliert das Joulesche Gesetz auch das scheinbar Paradoxe seines Inhalts.

Kleine Mitteilungen.

Ein Caelo-Tellurium.

Von **Friedrich Fricke** in Bremen.

Das Caelo-Tellurium ist den Bedürfnissen des Unterrichtes entsprungen. Trotz der größten Mühe gelingt es nicht immer, bei der Besprechung besonders schwieriger Erscheinungen wie der Präzession der Nachtgleichen volles Verständnis zu erreichen. Der hauptsächlichste Grund dafür ist wohl die ziemlich geringe Fertigkeit der Schüler, sich Vorgänge im Raum völlig klar vorzustellen. Deshalb entschloß sich der Verfasser, einen Apparat zu konstruieren, der in erster Linie die Präzession veranschaulichen, dann aber auch einige andere schwierige Begriffe, wie z. B. den Unterschied zwischen Sterntag und Sonnentag, erklären sollte. Also mußte der Apparat die Rotation der Erde, ihre Revolution und die Bewegung der Erdachse auf einem Kegelmantel vereinigen. Um die in Frage kommenden Erscheinungen so zur Darstellung zu bringen, wie wir sie am Himmel sehen, war es notwendig, die Erde als Scheibe zu wählen, d. h. den wahren Horizont an ihre Stelle zu setzen, und den Beobachtungsort zum Mittelpunkt des Apparates zu machen. Dadurch war die Möglichkeit gegeben, den Meridian und den ersten Vertikal anzubringen; und der Apparat konnte alles zeigen, was auf den Horizont Bezug hat, wenn man den Horizont für beliebige Breiten einstellbar einrichtete. Im Laufe der Konstruktion stellte sich aus technischen Gründen heraus, daß auf die senkrechte Sphäre verzichtet werden mußte, da alle Teile des Apparates in einer großen Klasse gut gesehen werden sollten; aber die Möglichkeit einer Einstellung für jede Breite von Nordafrika bis zum Nordpol ließ sich erreichen.



Wie die gestellte Aufgabe gelöst worden ist, zeigt die nebenstehende Abbildung. Die Erde ist von der Himmelskugel umgeben, die sich aus den Koluren, den Hauptparallelen, der Ekliptik und dem Zodiakus zusammensetzt. Um die Bewegung der Erdachse auf einem Kegelmantel zu ermöglichen, ist der Himmel um die Achse der Ekliptik drehbar aufgestellt, so daß also der Nordpol seinen Kreis um den Pol der Ekliptik beschreiben kann. Die Sonne wird durch eine kleine Kugel dargestellt, die längs der Ekliptik ihren Weg nimmt. Erde, Himmel und Sonne sind durch ein kleines Räderwerk miteinander verbunden, so daß durch Drehung einer Kurbel sämtliche Bewegungserscheinungen hervorgebracht werden können.

Natürlich können Zeit- und Raumverhältnisse des Apparates nicht der Wirklichkeit entsprechen, schon deshalb nicht, weil eine Präzession von 50 Sekunden nicht zu erkennen ist. Dagegen hat sich eine Präzession von etwa 10 Grad als ausreichend erwiesen. Diese ist dadurch erreicht, daß am Apparat das tropische Jahr 29 Tage oder $29^{36}/_{37}$ Sterntage, das

siderische Jahr $20^{29}/_{36}$ Tage oder $30^{29}/_{36}$ Sterntage hat; der genaue Wert der jährlichen Präzession beträgt $9^{27}/_{37}$ Grad, und das platonische Jahr hat 37 tropische oder 36 siderische Jahre.

Mit dem Caelo-Tellurium, das von der Firma Ferdinand Ernecke in Berlin-Tempelhof hergestellt wird[1]), kann alles gezeigt werden, was mit dem Lauf der Sonne und der Gestirne irgendwie zusammenhängt. In dieser Beziehung sei auf den Prospekt der Firma verwiesen: er enthält eine Aufzählung der meisten Begriffe und Erscheinungen, die für die Schule herangezogen werden.

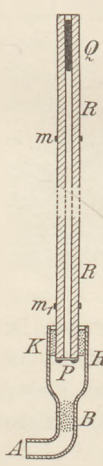
Für alle diese Begriffe und Erscheinungen ist der Apparat stets gebrauchsfertig. Ein weiterer Vorzug ist darin zu erblicken, daß die Himmelsachse, die in der Normalstellung $66^1/_2$ Grad gegen die Unterlage geneigt ist, in senkrechte Lage gebracht werden kann.

Über Meldes Apparat zu Versuchen über Ausfluß von Gasen.

Von Dr. **Johannes Russner** in Chemnitz.

Der Ausfluß einer Flüssigkeit aus einem Gefäße erfolgt durch die Schwerkraft. Läßt man aus demselben Gefäße durch eine kleine Öffnung Flüssigkeiten von verschiedenem spezifischen Gewicht ausfließen, so sind wie beim freien Falle die Kräfte den Massen proportional, und die verschiedenen Flüssigkeiten haben gleiche Ausflußgeschwindigkeit (Torricellis Theorem). Ein Gas fließt aus einem Gefäße nur dann aus, wenn seine Spannkraft größer ist als die der das Gefäß umgebenden Luft. Die größere Spannkraft oder der Überdruck eines Gases kann in einem zylindrischen Gefäße durch einen belasteten Kolben hervorgebracht werden, und gemessen wird der Überdruck mit einem Quecksilber-Manometer. Nimmt man Gase von verschiedenem spezifischen Gewicht und erzeugt immer denselben Überdruck, so wirkt die gleiche Kraft auf verschieden große Massen, und es muß deshalb ein leichtes Gas eine größere Ausflußgeschwindigkeit erlangen als ein schwereres. Die mathematische Untersuchung ergibt, daß die Quadrate der Ausflußzeiten von Gasen sich wie die spezifischen Gewichte verhalten. Kennt man die Ausflußzeiten zweier Gase und von dem einen noch sein spezifisches Gewicht, so kann man nach diesem Gesetz das spezifische Gewicht des anderen Gases berechnen.

Zur Bestimmung der spezifischen Gewichte von Gasen nach diesem Gesetz hat Bunsen einen Apparat angegeben, welcher in allen größeren Lehrbüchern abgebildet ist[2]). Bei diesem Apparat bleibt der Druck des ausfließenden Gases nicht konstant, und man braucht eine große Menge Quecksilber. Melde hat im Jahre 1887 einen einfacheren Apparat angegeben, welcher besonders für Unterrichtszwecke sehr brauchbar ist[3]). Diesen Apparat, welcher in keinem Lehrbuch genannt wird, benutze ich schon 20 Jahre lang und habe ich immer gute Resultate erhalten.



Nach Melde nimmt man eine starkwandige Glasröhre von 1,5 m Länge und 2 mm lichtem Durchmesser (Kapillarröhre, siehe nebenstehende Figur). Das eine Ende dieser Röhre R wird mit einem Platinblech P verschlossen, in das eine sehr feine Öffnung gemacht worden ist. Um dieses feine Loch zu machen, legt man das kleine Stückchen Platinblech auf eine Glasplatte und sticht mit einer feinen Nähnadel hinein. Indem das Blech auf einem harten Körper aufliegt, dringt nur die äußerste Nadelspitze in dasselbe ein, und man erhält ein sehr feines Loch, das man erkennen kann, wenn man das Blech vor ein Fenster hält. Festgemacht wird dieses Platinblech am Röhrenende mit Wachs oder Siegellack.

Der erforderliche Überdruck des in der Röhre befindlichen Gases wird durch eine kleine Quecksilbersäule Q erzeugt. Um diese Quecksilbersäule zu

[1]) Der Preis des Apparates beträgt 170 M.

[2]) Müller-Pouillet-Pfaundler, 1886, Bd. I, S. 568.

[3]) Annalen der Physik und Chemie, 1887, Bd. 32, S. 667.

erzeugen, bedient man sich eines Trichters mit enger Ausflußöffnung. Bei senkrechter Rohrstellung fließt das Gas durch den Druck der genannten Quecksilbersäule aus. Um immer dasselbe Gasvolumen zu haben, sind am Rohre R noch zwei schmale Papierstreifen m und m_1 angeklebt. Bei meinem Rohre beträgt die Entfernung dieser Marken 70 cm. Der Vorgang bei einem Versuche ist folgender.

Das Rohr R ist in einen Halter so eingeklemmt, daß man dasselbe drehen kann. Ist die Quecksilbersäule Q beim Platinblech, und man will das Rohr mit Luft füllen, so dreht man es in die senkrechte Lage so, daß das Platinblech oben ist. Die Quecksilbersäule gleitet jetzt herab, und es dringt durch die feine Öffnung Luft ein. Ist das Quecksilber fast am unteren Ende angekommen, so dreht man das Rohr so, daß das Platinblech das untere Ende des Rohres bildet. Die Luft fließt jetzt aus, und man beobachtet mit einer Sekundenuhr die Zeit, welche das Quecksilber braucht, um von der Strecke m zu m_1 zu gelangen.

Um die Röhre mit einem anderen Gase zu füllen, ist über das Rohrende mit dem Platinblech ein Kork K und über diesen die gebogene Glasröhre R_1 geschoben. Der Schlauch vom Gasentwicklungsapparat wird am Röhrenende A befestigt. Damit zu der feinen Öffnung im Platinblech kein Staub gelangen kann, bringe ich in das Rohr R_1 etwas Baumwolle (Watte) B. Die Füllung der Röhre R mit einem Gase erfolgt dann auf dieselbe Weise wie mit Luft.

Melde wendete bei seinen Versuchen Quecksilbersäulen von 100 mm, 120 mm und 140 mm an. Mit ersterer Quecksilbersäule brauchte die Luft 175 sec und Leuchtgas 117 sec zum Ausfluß. Als spezifisches Gewicht des Leuchtgases erhält man 0,45, wenn man dasjenige der Luft als 1 annimmt. Mit der zweiten Quecksilbersäule erhielt Melde das spezifische Gewicht des Leuchtgases zu 0,44 und mit der dritten denselben Wert.

Ich benutzte Quecksilbersäulen von 25 mm und 40 mm Länge. Im ersten Falle betrug die Ausflußzeit von Luft 47 sec und von Leuchtgas 33 sec, im zweiten Falle 37 sec und 26 sec. Nach beiden Versuchen ist das spezifische Gewicht des angewendeten Leuchtgases 0,49. Wie ich in Erfahrung gebracht, werden dem Chemnitzer Leuchtgas Wassergas und Benzoldämpfe beigemischt, wodurch das spezifische Gewicht erhöht wird. Nach der großen Ausflußzeit und den längeren Quecksilbersäulen zu schließen, scheint Melde im Platinblech eine noch feinere Öffnung als ich gehabt zu haben. Eine solche Öffnung kann durch einen Schlag auf das Blech leicht verkleinert werden. Je größer die Ausflußzeit ist, desto genauer erhält man das spezifische Gewicht. Bei meinem Unterricht kommt es mir hauptsächlich darauf an, zu zeigen, daß ein leichtes Gas schneller als ein schwereres ausfließt.

Zum sicheren Gelingen dieser Versuche muß die Glasröhre und das Quecksilber vollkommen rein sein. Haftet die Quecksilbersäule am Platinblech fest, so muß man zur Trennung an das Rohr klopfen. Das Rohr R_1 wird erst dann über den Kork geschoben, wenn die Luft aus demselben durch das betreffende Gas verdrängt worden ist.

Optische Umkehrversuche.

Von Prof. **F. Queisser** in Krumau (Südböhmen).

In der Lehre vom Lichte werden zur Erläuterung der Brechung meistens nur Versuche gezeigt, in denen der Lichtstrahl aus einem optisch dünneren in ein optisch dichteres Medium übertritt, so bei planparallelen Platten, Prismen und Linsen. Nun ist es sehr instruktiv, den Kehrversuch durchzuführen, d. h. den Lichtstrahl aus einem optisch dichteren in ein optisch dünneres Medium übertreten zu lassen. Im folgenden sollen nun die Versuche dieser Art beschrieben und in Parallele gestellt werden mit den schon bekannten. Die Hilfsmittel zu diesen Experimenten sind höchst einfacher Natur; sie bestehen in einigen möglichst dünnen Glasplatten, Uhrgläsern, Kork und Siegellack. Das optisch dünnere Medium ist Luft, das optisch dichtere Wasser.

1. Planparallele Platte. Die beiden Basisflächen der aus Luft bestehenden planparallelen Platte fertige man aus zwei Korkstücken, auf welche als Mantelfläche zwei breitere und

zwei schmälere Glasplatten mit Siegellack aufgekittet werden; um das Eindringen des Wassers in den Luftraum zu verhindern, sind auch die Kanten je zweier zusammenstoßender Glaswände gut mittels Siegellack zu verkleben. Ein zweiter, vollkommen gleicher Hohlkörper diene zur Aufnahme von Wasser; dieser besitzt in der einen Basisfläche eine durch einen Stöpsel verschließbare Öffnung, durch die er gefüllt und entleert werden kann.

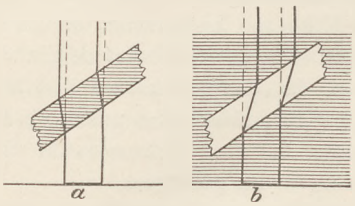


Fig. 1.

Man lege etwa eine Münze auf den Boden eines größeren Wassergefäßes und betrachte dieselbe durch die schräggestellte planparallele Luftplatte. Eine zweite Münze betrachte man bei gleicher Anordnung durch die planparallele Wasserplatte. Fig. 1 zeigt den Durchschnitt des Versuches und damit auch die scheinbare Verschiebung der Münze, welche selbstverständlich in den beiden Fällen entgegengesetzt ist. Besser als eine Münze dürfte sich als Objekt ein System paralleler schwarzer Linien auf weißem Grunde eignen, die auf Blech gemalt sind, um auch im Wasser verwendet werden zu können.

Bildet die planparallele Platte das optisch dichtere Medium, so läßt sich bekanntlich die Verschiebung in ihrer Abhängigkeit von der Dicke der Platte, dem Einfallswinkel der Strahlen und dem Brechungsexponenten in folgender Weise ausdrücken:

$$\lambda = d \sin \alpha \left[1 - \frac{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}\right].$$

Ist dagegen die planparallele Platte das optisch dünnere Medium, so ergibt sich als Verschiebung die Größe:

$$\lambda_1 = d \sin \alpha \left[\frac{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}{\sqrt{\frac{1}{n^2} - \sin^2 \alpha}} - 1\right].$$

Es ist ersichtlich, daß man unter den Grenzwinkel nicht herabgehen darf, um nicht Totalreflexion hervorzurufen, was auch der Versuch bestätigt. Auch sonst hängt zwar die Verschiebung wieder vom Einfallswinkel der Strahlen ab, aber, wie die Formel zeigt, in etwas anderer Weise.

2. Prisma. Ähnlich wie die oben besprochenen Platten kann man auch optische Prismen, Luft- und Wasserprismen, herstellen. Sie müssen gleichfalls das entgegengesetzte Verhalten zeigen: findet beim Wasserprisma eine scheinbare Ablenkung der vom Gegenstande ausgehenden Strahlen zur brechenden Kante hin statt, so muß das Luftprisma aus dem Wasser kommende Strahlen von der brechenden Kante ablenken. Fig. 2 soll wieder das entgegengesetzte Verhalten der beiden Prismen zeigen, wobei als Objekt ebenfalls eine Münze vorausgesetzt ist.

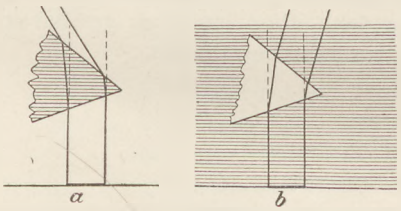


Fig. 2.

Optisch dichtere Prismen als ihre Umgebung liefern eine Deviation δ des unter dem Winkel α_1 eintretenden Lichtstrahles beim brechenden Winkel ω, wobei $\delta = \alpha_1 + \alpha_2 - \omega$, wenn α_2 den entsprechenden Austrittswinkel des Lichtstrahles bedeutet.

Bei Anwendung eines optisch dünneren Prismas gegen das einschließende Medium erleidet gleichsam auch der Wert der Deviation eine Umkehrung; der Ablenkungswinkel δ ergibt sich hier gleich $\omega - (\alpha_1 + \alpha_2)$. Es kann hier je nach dem Einfallswinkel des Strahles, der wieder unter dem Grenzwinkel Wasser—Luft liegen muß, um Totalreflexion zu vermeiden, an der zweiten Prismenfläche auch zu einer weiteren Ablenkung im entgegengesetzten Sinne kommen, so daß die erstere gleichsam um einen gewissen Betrag rückgängig gemacht wird. Der Deviationswinkel nimmt dann den Wert $\omega - (\alpha_1 - \alpha_2)$ an.

3. Linsen. Um Linsen aus optisch dünnerem Medium herzustellen, bedient man sich der Uhrgläser. Durch Aufkleben derselben auf Korkringe, die gleichsam ihre Fassung bilden, lassen sich sämtliche Arten erhalten. Die Durchschnitte der Bikonvex- und Bikonkavlinsen würden etwa den Figuren 3 und 4 entsprechen.

Um übrigens die grundlegende Erscheinung, die Brechung an einer krummen brechenden Fläche, zu zeigen, genügt schon ein Uhrglas oder eine ähnliche Glasschale. Läßt man dieselbe auf der Wasseroberfläche schwimmen, so ist dadurch für aus dem Wasser kommende Lichtstrahlen eine nach innen gewölbte brechende Fläche gegeben, während durch Herausheben der nach aufwärts gekrümmten Schale bis nahe zu ihrem Rande die entgegengesetzt brechende Fläche erzeugt wird. Betrachtet man wieder die Münze durch diese beiden Flächen, so muß sich im ersten Falle eine Verkleinerung, im zweiten eine Vergrößerung der Münze ergeben, wie die beiden Konstruktionen der Fig. 5 zeigen.

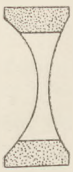


Fig. 3.

Fig. 4.

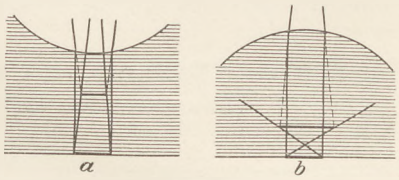


Fig. 5.

Nach obiger Angabe hergestellte Linsen werden also, wenn konvex, zu Zerstreuungs-, wenn konkav, zu Sammellinsen. — Die Linsengleichung wandelt sich in diesem Falle in folgende um:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \left(1 - \frac{1}{n}\right)\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)$$

für die Bikonkavlinse, die bekannte Deutung der einzelnen Größen vorausgesetzt. —

Um zu starken Einfluß der Glaswände zu vermeiden, wird man natürlich trachten, möglichst dünne Gläser zu verwenden. Als Hohlkörper besitzen aber alle die beschriebenen Körper bedeutenden Auftrieb, und man muß sie auf irgend eine Weise im Wasser festhalten (etwa mittels eines geeigneten Eisenstativs).

Um die Versuche auch zur objektiven Darstellung geeignet zu machen, lasse man den Lichtstrahl am besten von oben senkrecht gegen die Wasserfläche eintreten. Als Glasgefäß verwende man eine große Glaswanne (pneumatische Wanne), deren Rückseite man mit weißem Papier überklebe, um den Gang der Strahlen besser verfolgen zu können. Außerdem kann man, ähnlich wie beim optischen Kasten nach Mach, eine Trübung des Mediums hervorrufen, auch etwa die Fluoreszenz zu Hilfe nehmen (Fluorescein).

Besser aber dürfte die subjektive Darstellung der Versuche gelingen, zu der man auch die Schüler selbst anleiten kann, um sie zum Nachdenken über die verschiedenen Brechungsverhältnisse anzuregen.

Das Quadrantelektrometer in den Lehrbüchern der Physik.

Von **Alfonso Sella.**

(Mitteilung aus dem R. Istituto Fisico in Rom.)

Im Quadrantelektrometer wird die bewegliche Nadel stets von den beiden Quadrantenpaaren angezogen. Das wirkende Moment resultiert aus der Differenz zweier entgegengesetzter Momente, und die Nadel wendet sich jenem Paare zu, dessen Potentialunterschied gegenüber der Nadel, absolut genommen, am größten ist.

Nun begegnet man oft in den Lehrbüchern der Physik der falschen Behauptung, die Nadel werde vom Quadrantenpaare angezogen, dessen Potential entgegengesetztes Zeichen hat, und abgestoßen vom Quadrantenpaare zu einem Potential desselben Zeichens.

In anderen Lehrbüchern ist ein ähnlicher Fehler zu finden, wo z. B. gesagt wird die positive Nadel strebe nach Stellen, wo das elektrische Niveau niedriger liegt. Wird einem Schüler gezeigt, daß eine auf + 10 geladene Nadel zwischen Paare, deren eines abgeleitet, das andere

auf + 30 geladen ist, sich gegen das letztere bewegt, so zeigt er sich in der Regel überrascht. Ähnliches findet statt bei dem Fall einer auf + 10 geladenen Nadel zwischen Quadrantenpaare resp. auf — 10 und + 40.

Die Ungenauigkeit der Darstellung, auf welche hier hingewiesen wird, findet sich z. B. auch in den Lehrbüchern folgender Autoritäten: Kundt, Wüllner, Weinhold, Gray, Gordon etc.

Apparat zum Nachweis, daß hochfrequentierende Ströme (Tesla-Ströme) sich hauptsächlich an der Oberfläche des Leiters bewegen.

Von Prof. **A. Zillich** in Linz.

Zum experimentellen Nachweis der sogenannten Impedanz bedient man sich bekanntlich eines Kupferbügels von 6—8 mm Stärke, zu welchem eine niedervoltige Lampe parallel geschaltet wird. Mit diesem Apparat wird wohl bewiesen, daß bei hochfrequentierenden Strömen der scheinbare Widerstand eine bedeutende Größe erreichen kann, aber über die Verteilung des Stromes im Leiterquerschnitte gibt derselbe keine Anhaltspunkte. Um hierüber einige Aufschlüsse zu erhalten, denkt man sich jeden Leiter aus einem Bündel paralleler Teilleiter zusammengesetzt. In jedem dieser Teilleiter tritt nicht nur Selbstinduktion auf, sondern in ihnen werden auch durch die benachbarten Wechselströme Gegenkräfte induziert, wodurch ihr scheinbarer Widerstand abermals eine Erhöhung erfährt. Es werden nun die zentralen Leiter von den benachbarten Strömen stärker beeinflußt als die an der Oberfläche liegenden, daher wird der scheinbare Widerstand in den inneren Teilen des Gesamtleiters größer sein als an seiner Oberfläche. Da nun in parallelgeschalteten Leitern nach den Kirchhoffschen Gesetzen die Ströme den Leiterwiderständen verkehrt proportional sind, so müssen die an der Oberfläche liegenden Teilleiter mehr Strom führen als die zentralen, es verteilen sich somit hochfrequentierende Ströme nicht gleichmäßig über den Leiterquerschnitt, sondern sie bewegen sich hauptsächlich an der Leiteroberfläche.

Trotz eingehendem Studium der einschlägigen Literatur konnte ich keinen Apparat beschrieben finden, mit welchem der eben abgeleitete Satz experimentell bewiesen wird. Nach wiederholten Versuchen ist es mir gelungen, einen solchen zu konstruieren. Ich habe den im folgenden beschriebenen Apparat wiederholt verwendet, und jedesmal funktionierte derselbe tadellos.

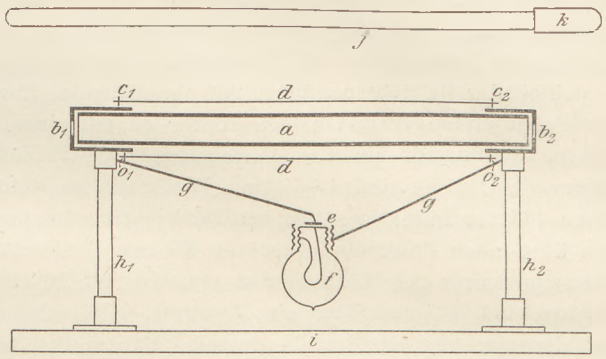
Der Apparat besteht aus einem Porzellanrohr von 60 cm Länge, 1,5 cm äußerem und 0,8 cm innerem Durchmesser. Dasselbe hat an seinen beiden Enden aufgekittete Messingkappen, deren Deckel je eine 6 mm starke Bohrung besitzen. Nahe den einander zugekehrten Kappenenden sind 16 kurze Metallstifte angebracht, welche zum Befestigen von 32 blanken, parallel zur Röhrenachse laufenden Widerstandsdrähten dienen. Diese bilden einen Drahtmantel, der, wie der Versuch zeigt, als geschlossener Metallmantel angesehen werden kann. (Bei meinem Apparate wurde 0,3 mm dicker Neusilberdraht verwendet.)

Parallel zum Drahtmantel, also an die Metallkappen angeschlossen, ist eine Edisonfassung (kleines Modell) geschaltet, in welche eine Glühlampe geeigneter Spannung eingeschraubt werden kann. Die Röhre wird von zwei gut isolierten Ständern, die auf einer Grundplatte befestigt sind, getragen. Mittels eines 70 cm langen, 6 mm starken, mit isoliertem Griff versehenen Messingstabes, den man in die Röhre einschiebt, kann man den Drahtmantel und die Glühlampe kurzschließen.

Man schaltet nun eine Lampe von 2—3 Volt ein, hebt durch Zurückziehen des Messingstabes den Kurzschluß auf und sendet soviel Gleichstrom oder Wechselstrom von geringer Frequenz durch den Drahtmantel, bis die Lampe normal glüht (bei meinem Apparat waren 15 Amp. erforderlich). Stellt man nun durch Einschieben des Stabes den Kurzschluß her, so erlischt die Lampe sofort, da durch die Vergrößerung des Querschnittes sowohl der Widerstand als auch der Spannungsabfall bedeutend abgenommen hat. Ganz anders gestalten

sich die Verhältnisse, wenn man mit Tesla-Strömen arbeitet. Man wird vor allem schon eine Lampe von höherer Spannung brauchen. Bei meinen Versuchen war eine 20-voltige Lampe nötig. Der Versuch ergibt nun, daß die Leuchtkraft der Lampe entweder gar nicht oder nur unwesentlich beeinflußt wird, ob der Messingstab den Kurzschluß herstellt oder nicht, es wird also in diesem Falle der scheinbare Widerstand, bei gleichbleibender Oberfläche, trotz bedeutender Querschnittsänderung fast gar nicht geändert. Daraus folgt, daß hauptsächlich der Drahtmantel (die Oberfläche), nicht aber der zentrale Stab (Kern), der Leiter des hochfrequentierenden Stromes (Tesla-Stromes) ist. —

Bei allen Tesla-Versuchen, welche ich anfangs im kleinen, später im größeren Maßstabe ausführte, habe ich immer mit Gleich- oder Wechselströmen von 60—220 Volt Spannung, wie sie zu Beleuchtungszwecken verwendet werden und daher jetzt leicht zur Verfügung stehen, und mit elektrolytischen Unterbrechern (Wehnelt, Simon) gearbeitet.



a	Porzellanrohr	$b_1\, b_2$	Messingkappen
$c_1 c_2$	2×16 Stifte	d	32 Widerstandsdrähte
e	Glühlampenfassung	f	Glühlampe
g	Kupferbänder	$h_1\, h_2$	Isolierende Ständer
i	Grundplatte	j	Messingstab mit isol. Griff k

Was den Wehnelt-Unterbrecher betrifft, so empfiehlt sich derselbe hauptsächlich zum Betriebe mit Gleichstrom, da er bei Wechselstrombetrieb nur eine Stromwelle regelmäßig unterbricht, und der Platinverbrauch ein unverhältnismäßig großer ist. Er ist wegen seiner sehr leichten Einregulierfähigkeit auf sehr verschiedene Unterbrechungszahlen beliebt, setzt aber während des Betriebes wiederholt aus, wenn der Platinstift nicht sehr gut in den Isolierkörper, durch welchen er hindurchgeht, dichtet. Dieses Undichtwerden kann auch durch den Gebrauch infolge der Abnutzung des Stiftes eintreten.

Der Simon- oder Loch-Unterbrecher ist sowohl für Gleich- als auch für Wechselstrom anwendbar. Insbesondere bei Gleichstrombetrieb bleibt nach dem Abstellen des Stromes häufig eine Gasblase im Loche hängen, und man muß den Unterbrecher vor der nächsten Stromgebung erschüttern, wenn derselbe wieder angehen soll. Für Wechselstrom, den ich mit Vorliebe zu Tesla-Versuchen verwendete, ist er ein sehr bequemer, sehr verläßlicher und fast keiner Wartung bedürftiger Unterbrecher und funktioniert selbst dann anstandslos, wenn er tagelang in gefülltem Zustand stehen gelassen wurde. Die vielfach verbreitete Ansicht, daß der Simon- (Loch-) Unterbrecher zu seinem verläßlichen Betriebe eine höhere Spannung (200 Volt) bedarf, habe ich nicht bestätigt gefunden. Die von mir selbst angefertigten Loch-Unterbrecher haben bei 80—110 Volt tadellos funktioniert, selbstverständlich gaben sie bei 220 Volt Betriebsspannung bedeutend größere Unterbrechungszahlen.

Es ist gewiß für diejenigen, die mit geringen verfügbaren Mitteln Versuche anstellen wollen, von Bedeutung, daß die Selbstanfertigung eines Simonunterbrechers viel einfacher ist, als die eines Wehnelt-Unterbrechers. Im allgemeinen ist darauf zu achten, daß man den Unterbrecher möglichst groß macht, da bei Dauerbetrieb mit starken Strömen eine beträchtliche Erwärmung eintritt. Als äußeres Gefäß nimmt man am besten ein Batterie- oder ein Einsiedeglas von 1—15 Liter Inhalt, dasselbe bekommt einen Deckel aus Hartgummi (Ebonit) oder auch nur aus Holz, welches in Paraffin gekocht wurde; durch den Deckel wird ein Gefäß aus reinem Porzellan mit möglichst dünnen Wänden (Kaffeeschale, Milchkanne u. dergl.) von mindestens $^1/_4$ Liter Inhalt gehängt. In den Boden oder manchmal besser in die Wand dieses Porzellangefäßes bohrt man ein Loch von 1—2 mm Durchmesser. Dieses Bohren geschieht von Hand unter Benutzung von etwas Terpentinöl mittels einer Drei-

kantspitze, die man sich durch Zuschleifen einer alten dreieckigen Feile herstellt. Bei dem Bohren muß man mit großer Vorsicht arbeiten und darf keinen zu großen Druck ausüben. Man mache das Loch lieber etwas zu klein, da man dasselbe immer sehr leicht mittels einer Reibahle vergrößern kann. Beide Gefäße erhalten Spiralen aus 3—5 mm dicken Bleidrähten, da sich an denselben die erforderlichen Klemmen leichter befestigen lassen als an dünnen Bleiblechen. Die Teile der Bleibleche, welche nicht mehr in die Füllflüssigkeit ragen, und die Klemmen werden mit Lack gestrichen. Den aus dem unteren Gefäße kommenden Bleidraht, der den Deckel durchdringt, kann man noch durch Überschieben eines Glasrohres von letzterem isolieren. Als Füllflüssigkeit verwendet man eine verdünnte Schwefelsäure von 24—26° B.

Die erreichten Unterbrechungszahlen hängen von der Betriebsspannung, der Lochgröße und der Wandstärke des Gefäßes ab. Kann man die Betriebsspannung nicht innerhalb weiter Grenzen beliebig verändern, so empfiehlt es sich, mehrere Porzellangefäße mit verschiedenen Lochgrößen und Wandstärken herzustellen. Die Unterbrechungszahl steigt mit zunehmender Betriebsspannung, mit abnehmender Lochgröße und Wandstärke.

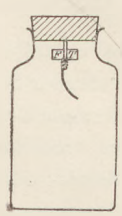
Die ersten Tesla-Versuche führte ich mit einem Funkeninduktor für 200 mm Funkenlänge, der nur für niedrige Betriebsspannung (20 Volt) gebaut war, aus, betrieb denselben aber mit 110 Volt und 4—6 Amp. Wechselstrom unter Benutzung des Simonunterbrechers, ohne daß der Induktor selbst bei Dauerbetrieb den geringsten Schaden erlitt, später verfügte ich über einen Funkeninduktor für 400 mm Funkenlänge, dessen Eisenkern verstärkt war. Derselbe wurde mit Wechselstrom von 110 Volt, 10—15 Amp. und dem Lochunterbrecher betrieben und lieferte glänzende Resultate. Bei allen Versuchen war selbstverständlich der Kondensator abgeschaltet, da derselbe bekanntlich bei Verwendung von Elektrolyt-Unterbrechern keine wesentliche Wirkung hat, aber leicht Schaden leiden kann.

Vom Rauch des rauchschwachen Pulvers.

Von **H. Rebenstorff** in Dresden.

Bekanntlich sind auch die Schießpulver der Neuzeit nicht völlig rauchlos, trotzdem sie mit keinem anorganischen Stoffe zubereitet sind, der die zahllosen feinen Salzteilchen der Wolke des alten Pulvers liefert. Es fragt sich, ob jene leichten Wölkchen, die man, wenigstens bei feuchter Witterung, auf über 600 m Entfernung nach jedem Gewehrschuß sehen kann, ganz auf Rechnung des Wasserdampfes kommen, der aus dem Wasserstoffe der Nitrokörper des Pulvers entsteht und — vielleicht stets — zur Bildung eines Rauchwölkchens die Luft vorübergehend mit Feuchtigkeit übersättigt.

In folgender Weise kann man indessen leicht zeigen, daß nach der Explosion von Nitrokörpern auch schon ohne Übersättigung der Luft Nebel entsteht. Auf ein hohes Tischchen nahe dem Fenster stellt man eine weithalsige Flasche von ca. $^3/_4$ l, die man mit einem Korkstück überdecken kann, von dem an eingesetztem Glasstäbchen ein schmaler Streifen des Gelatine-Hygroskopes (ds. Zeitschr. *XVII 28*) im oberen Drittel des Gefäßes herabhängt. Angeklebte Buchstaben geben an (s. Figur), ob eine Krümmung des Streifchens vermehrte Trockenheit oder Feuchtigkeit bedeutet. Während diese Flasche zunächst trocken und offen ist, so daß das Hygroskop nach Einsenken etwa ebenso gekrümmt ist wie bei freier Haltung mit vom Körper abgestreckter Hand in der Zimmerluft, hat man auf die Innenwand einer zweiten Flasche gleicher Art einige Tropfen Wasser gebracht, um durch kurzes Einsenken des Hygroskopes zu zeigen, wie sich die Luftfeuchtigkeit bei der Sättigung bemerkbar macht.



Zum Versuche wirft man ein bohnengroßes Stück Schießbaumwolle in die trockene Flasche, entzündet mit einem schnell wieder entfernten glühenden Drahtende (Ohmannscher Stricknadel) und überdeckt sofort mit dem Korkstück. Zunächst gibt das lebhafte Einrollen

des Hygroskopes nach der Seite der Trockenheitsanzeige die Wärme und relative Trockenheit der Luft gleich nach der Explosion zu erkennen, wozu freilich der Glühdraht beitrug. Nach einigen Augenblicken geht aber die Krümmung des Streifchens in die entgegengesetzte über und erweist auf das deutlichste, daß bei der Explosion Wasserdampf gebildet wurde. Die Krümmung des Streifchens hält hierbei etwa die Mitte zwischen dem Aussehen in freier Zimmerluft und in der zweiten, innen feuchten Flasche. Es ist ersichtlich, daß an dem gesättigt feuchten Zustande der mit den Verbrennungsprodukten vermischten Flaschenluft noch viel fehlt. Trotzdem ist die Flasche mit einem dünnen, schwach gelblichen Nebel erfüllt, den man von manchen Plätzen aus besser sieht, wenn man nach dem Abnehmen des Korkes die Flasche vom Fenster etwas nach der Zimmermitte hin entfernt. Man sieht den feinen Nebel über den Rand des Gefäßes wogen; der Auftrieb der Flaschenluft erscheint recht gering.

Der Versuch beweist, daß durch die Explosion der Schießbaumwolle massenhaft Nebelkerne entstehen, die auch in ungesättigter Luft durch Kondensation von Wasser bis zur sichtbaren Nebelbildung anwachsen können. In geringer Menge entstehende Oxyde des Stickstoffs, die man übrigens deutlich riechen kann, sind jedenfalls bei der Wirkung der Nebelkerne mitbeteiligt. Mit dem Blättchenpulver von Gewehrpatronen kann man den Versuch mit gleichen Ergebnissen ausführen. Man schüttet eine Federmesserspitze des Pulvers in die Flasche, in der Schießbaumwolle vorher verbrannt sein konnte. Die zerstreuten Körnchen sammeln sich bei Schräghalten und Aufstoßen zu einem Häufchen, das man wie vorhin entzündet.

Es sei hinzugefügt, daß man verstärkte Nebel in einer Flasche erhält, deren Luft man mittels eines senkrecht innen an der Wand adhärierenden nassen Papierstückes anfeuchtete. Hierbei gibt der Umstand zu denken, daß die verstärkte Nebelbildung erst nach einiger Zeit bemerkbar wird. Wer indessen einmal der Messung des Feuchtigkeitsdruckes im lufterfüllten Raume beiwohnte, weiß, wie geraume Zeit nach dem Öffnen einer weithalsigen Flasche vergeht, bis die Luft darin von den Wänden her sich mit Feuchtigkeit sättigt. Bei dem Versuche, oder wenn man erst nach dem Abbrennen von Blättchenpulver ein nasses Papierstück in die Flasche einsenkt, wird die langsame Sättigung der an Kondensationskernen reichen Flaschenluft unmittelbar sichtbar. Der nasse Gegenstand hüllt sich, gleichsam schwelend, in eine immer dicker werdende und herabsinkende Nebelschicht ein. Der Versuch erhellt einige beim Feuern einer Schützenlinie bei nassem Wetter zu machende Beobachtungen. Die etwas verstärkte Rauchbildung erklärt sich aus dem Umstande, daß jeder Schuß eine Unzahl von Kondensationskernen in die feucht gesättigte Luft hineinschleudert. Schießt man liegend über nassen Boden hin, so sieht man geraume Zeit die feuchten Gräser — wie das Papier des Versuches — gleichsam dampfen, da die Verdunstung des Wassers von ihnen aus die am Boden nur langsam verschwindende nebelkernreiche Luft mit Feuchtigkeit sättigt. Dichte Nebelmassen bilden sich, ebenfalls ziemlich langsam, infolge des Auftretens von Oxyden des Stickstoffs bei der Explosion, wenn man ein mit Salmiakgeist befeuchtetes Papierstück in die Flasche bringt. Die Oxyde gehen in Salpetersäure über, die mit Ammoniak die bekannte Reaktion hervorruft.

Will man anschließend noch die vergleichsweise ganz langsame Verbrennung des lose liegenden Blättchenpulvers wirksam demonstrieren, so läßt man nacheinander zwei sehr schmale Streifen des modernen und des gewöhnlichen Schwarzpulvers abbrennen, die man über einem Bogen Filtrierpapier durch Langziehen kleiner Pulverhaufen mit zusammengelegten Daumen und Zeigefinger herstellte. Liegen die Streifen mit einem Ende zusammen, so berührt man das freie Ende des Blättchenpulvers mit dem Glühdraht; auf das langsame Lauffeuer folgt die je nach der Qualität mehr oder weniger momentane Explosion des Schwarzpulverstreifens.

Für die Praxis.

Heftige Explosion beim elektrischen Zündversuch. Von A. Weinhold in Chemnitz. Der Versuch, ein feinpulvriges Gemisch aus gleichen Teilen von Kaliumchlorat und schwarzem Schwefelantimon in einem offenen elektrischen Mörser durch einen Flaschen- oder Batteriefunken zu entzünden, ist von mir und meinen Kollegen seit mehr als 40 Jahren weit über 100 mal im Unterricht vorgeführt worden, ohne daß das Gemisch jemals anders als mit ganz harmlosem Zischen abgebrannt ist.

Kürzlich aber ereignete sich dabei eine außerordentlich heftige Explosion, glücklicherweise ohne daß jemand beschädigt wurde. Der Mörser, ein rechteckiges Eichenholzklötzchen von ca. 53 mm ins Geviert und von 35 mm Höhe, 13 mm weit und 15 mm tief ausgebohrt, wurde in drei größere und mehrere kleine Stücke zersprengt, die dicke Glasplatte des Henleyschen Ausladers, auf dem der Mörser stand, in viele kleine Stücke zerschlagen. Die Heftigkeit der Explosion war am deutlichsten daran zu erkennen, daß die zwei größten Stücke des Mörsers, die gegen die leicht beweglichen Messingkugeln des Henleyschen Ausladers flogen, sehr tiefe Eindrücke der Kugeln in das harte Holz zeigen.

Eine Anzahl angestellter Versuche ergab, daß das Zündgemisch eine solche brisante Explosion gibt, wenn es durch einen sehr starken Funken entzündet wird, und wenn das sich bildende Gasgemisch sich nicht ganz frei ausdehnen kann.

Die verwendete Batterie hat 10 Flaschen mit ca. 1,22 qm belegter Fläche; sie wurde nach und nach immer stärker geladen bis schließlich zu 90 Funken einer Maßflasche von ca. 300 qcm belegter Fläche und 4 mm Schlagweite zwischen Kugeln von 19 mm Durchmesser.

Lag das Zündgemisch frei auf einem ausgespannten Papier, so war selbst bei dieser starken Ladung der Knall nicht merklich stärker als der des Funkens ohne Zündgemisch; das Papier wurde nach unten durchgeschlagen. Wurde aber das Gemisch in einem oben offenen Mörser aus Kork mit nur 2 mm Wandstärke verwendet, so erfolgte bei der starken Batterieentladung eine ziemlich brisante Explosion, wenn auch der Knall nicht annähernd so betäubend war wie bei dem festen hölzernen Mörser.

Schwächere Ladungen der Batterie gaben auch im Mörser nur ein zischendes Abbrennen des Gemisches.

Jedenfalls empfiehlt es sich, den Versuch immer nur mit schwachen Ladungen, am besten nur mit einer Flasche von mäßiger Größe anzustellen; er erfordert ja nur einen ganz schwachen Funken.

Ein Versuch über die niedrige Entzündungstemperatur des Schwefelkohlenstoffs. Von Dr. F. Scriba in Darmstadt. Beim Vertilgen der Rebläuse mit Schwefelkohlenstoff soll schon wiederholt Entzündung des im Boden verteilten Dampfes dieses Stoffes dadurch eingetreten sein, daß beim Zustampfen der Erdlöcher irgend ein hierzu verwendetes stählernes Instrument, etwa eine Hacke oder Schippe, an einem Kieselstein einen Funken erzeugte. Die Möglichkeit eines solchen Vorfalls läßt sich durch folgenden Versuch dartun. Ein mittelgroßer Glastrichter (10 cm Dm.), dessen Röhre unten mit einem Stöpfchen verschlossen ist, wird aufrecht in einem Bunsengestell befestigt. Man bringt nun einen mit Schwefelkohlenstoff befeuchteten losen Wattebausch in den Trichter und läßt diesen kurze Zeit so stehen. Darauf hält man dicht unter die zuvor geöffnete Trichterröhre ein Stück Feuerstein und schlägt mit einem Stahl Funken. Schon die ersten werden in der Regel den Dampf und damit auch die auf der Watte befindliche Flüssigkeit entzünden. Durch Auflegen einer Glasplatte und gleichzeitiges Zuhalten der unteren Öffnung erstickt man die Flamme. Soll der Versuch wiederholt werden, so muß man so lange warten, bis sich der Trichter wieder abgekühlt hat. Der Versuch zeigt zugleich das hohe spez. Gewicht des Schwefelkohlenstoffdampfes. Mit derselben Vorrichtung läßt sich auch die Entzündbarkeit des Dampfes durch einen mäßig erhitzten Glasstab oder einen elektrischen Funken nachweisen[1]).

[1]) *Anm. der Redaktion:* Die Entzündbarkeit des Schwefelkohlenstoffes und seines Dampfes mittels der Glühnadel wurde bereits früher in dieser Zeitschr. *VIII 366* mitgeteilt.

Berichte.

1. *Apparate und Versuche.*

Ein elektromagnetischer Rotationsapparat. Von C. DIETERICI (*Phys. Zeitschr. 1907, S. 244*). In der Mitte des Grundbretts des Apparats befindet sich eine metallische Hülse, in die zwei Einsätze *A* und *B* eingesetzt werden können. Die Figuren zeigen die Einsätze im Längsschnitt. Der Einsatz *A* (Fig. 1) besteht aus einer achsialen Säule, die mit einem konachsialen Zylinder leitend verbunden ist. Der Einsatz *B* (Fig. 2) besteht aus einer achsialen Säule und drei konachsialen Röhren, die abwechselnd oben und unten leitend verbunden sind. Beide Einsätze können sowohl mit *a* als mit *b* nach unten in die Hülse des Grundbretts gesteckt werden; bei *a*, *b*, *c*, *d*, *e* sind Klemmen zur Ab- bzw. Zuleitung des Stromes angebracht. Die Rohre sind etwa 30 cm lang. Zur Untersuchung des magnetischen Feldes dienen zwei etwa 15 cm lange Magnetnadeln (Stricknadeln), die in senkrechter Stellung mit gleichen Polen an einem Querbalken in wechselnden Abständen von der Drehachse befestigt werden können; der Querbalken hängt mittels Kokonfadens an einer am Grundbrette angebrachten Säule. Bei Benutzung des Einsatzes *A* wird der Strom entweder (1) von *a* nach *b* oder (2) von *c* nach *b*, (3) von *a* nach *c*, (4) von *a* und *c* nach *b* geleitet. Durch Rotation des „magnetischen Gehänges" läßt sich dann zeigen, daß bei (1) sowohl im Raum I wie im Raum II ein magnetisches Feld besteht. Bei (2) besteht in II ein Feld, in I kein Feld; bei (3) ist in I ein Feld, in II kein Feld; bei (4) entsteht in I das gleiche Feld wie vorher, in II das doppelte Feld wie bei (1) und (2). Benutzt man jetzt den Einsatz *B* und leitet (5) den Strom in *a* zu, in *e* ab, so findet sich ein Feld im Raum I und III, dagegen im Zwischenraum II und im Außenraum IV kein Feld. Wird aber (6) der Strom in *b* zu-, in *e* abgeleitet, so entstehen Felder in II und IV, dagegen kein Feld in I und III. Der Apparat demonstriert also die Superposition gleich- bzw. entgegengesetzt gerichteter Felder; die dabei auftretenden Erscheinungen sind vollständig durch die von DRUDE gegebenen Formeln dargestellt. *Schk.*

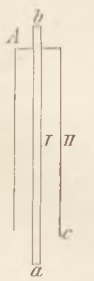


Fig. 1.

Fig. 2.

Ein neues Galvanometer. Von J. K. A. WERTHEIM SALOMONSON (*Phys. Ztschr. 1907, S. 195*). Das Prinzip des Instruments ist dasselbe wie bei dem Einthovenschen Saitengalvanometer (d. Ztschr. *XVII 101, 356*). Nach dem Vorgange von Th. Place benutzte der Verf. dabei aber ein magnetisches Feld, das aus zwei parallel ausgespannten stromdurchflossenen Drähten gebildet wurde. Die Saite (am besten ein versilberter genügend dünner Quarzfaden) befand sich genau in der Mitte der zu ihr parallelen Felddrähte; die Distanz beider konnte beliebig verändert werden. Die Ablenkung der Saite wurde mit Okularmikrometer und Mikroskop beobachtet. Je nach der Schaltung der Drähte und der Saite konnte das Instrument als Galvanometer, als Elektrodynamometer, als Wattmeter, als Elektrometer benutzt werden. Die größten Vorteile bietet es infolge seiner Empfindlichkeit und der fehlenden Selbstinduktion und Kapazität als Wattmeter. *Schk.*

---

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Aus der Akustik. 1. Aufzeichnung akustischer Schwebungen. Von C. DÉGUISNE (*Ann. d. Physik 23, 308; 1907*). Der Verf. zeigt, wie mit Hilfe der Marbeschen Rußmethode (diese Zeitschr. XX 251) auch Schwebungen von Stimmgabeln fixiert und bequem abgezählt werden können. Während man mit dem Ohr nur 6 bis 8 Schwebungen in der Sekunde abzählen kann, können mit Hilfe der Rußbilder Schwebungen bis 50 und mehr in der Sekunde beobachtet werden. Der Verf. benutzte Stimmgabeln, die durch Laufgewichte verstimmt werden konnten und teils elektrisch, teils durch Anschlagen zum Schwingen gebracht wurden.

Die von beiden Gabeln ausgehenden Schallschwingungen wirkten auf eine und dieselbe Flamme. Auf dem über der rußenden Flamme vorbei bewegten Papierstreifen kam die Resultierende der beiden Schwingungen in der Weise zum Ausdruck, daß die in dem einen Sinne wirkenden Maxima scharfe Rußringe erzeugten, die im andern Sinne wirkenden dagegen nicht. Eine zweite Flamme, die durch ein mit Stromstößen von bekannter Schwingungszahl beschicktes Telephon erregt wurde, diente dazu, um auf jedem Rußstreifen einen Maßstab für die Zeit aufzuzeichnen. Der Verf. hat in dieser Weise Schwingungszahlen mit den Verhältnissen 1:1, 2:1, 3:1, 3:2, 5:2 miteinander verglichen und reproduziert einige der dabei erhaltenen Rußbilder. Andere Verhältnisse konnten auf diese zurückgeführt und durch Abzählung der Schwebungen ebenfalls bestimmt werden. Die gleiche Methode ist auf die Messung der Periodenzahlen von Wechselströmen anwendbar.

2. Objektive Kombinationstöne konnte E. Waetzmann an der singenden Bogenlampe nachweisen (*Phys. Ztschr. 1907, S. 346*). Erklingen vor dem Mikrophon, das zu dem Schaltungskreis einer singenden Bogenlampe gehört, gleichzeitig zwei Primärtöne, so gibt der Flammenbogen nicht nur diese wieder, sondern auch einige ihrer Kombinationstöne; besonders stark den Differenzton erster Ordnung. Durch passend abgestimmte Resonatoren werden die Kombinationstöne verstärkt, wodurch ihr objektives Vorhandensein in der Luft nachgewiesen ist. Verteilte man die beiden Primärtonquellen auf zwei parallelgeschaltete Mikrophone, so ergab der Flammenbogen auch noch objektive Kombinationstöne, selbst wenn die Mikrophone in verschiedenen Zimmern waren; allerdings war die Übertragung der Primärtöne auf den Flammenbogen jetzt eine viel schlechtere, das Phänomen daher undeutlicher. Immerhin erkennt man, daß die Kombinationstöne nicht allein in den schwingenden Membranen, sondern auch in dem Flammenbogen der Bogenlampe entstehen. Der Versuch zeigt, daß in unsymmetrisch schwingenden Körpern Differenztöne entstehen, wenn die Körper gleichzeitig durch zwei Töne in Schwingungen versetzt werden, und dient so zur Bestätigung der Helmholtzschen Theorie der Kombinationstöne. Eine ausführlichere Besprechung dieser theoretischen Grundlagen gibt der Verf. in den *Ann. der Physik 24, S. 68 (1907)*. *Schk.*

Aus der Optik. 1. Absorption und Fluoreszenz. Von J. Stark (*Phys. Ztschr. 1907, S. 81*). Aus seinen Untersuchungen über den Dopplereffekt bei Kanalstrahlen (*d. Zeitschr. XIX 238*) hatte der Verf. gefolgert, daß die „Linienspektra der chemischen Elemente als Träger deren positive Atomionen haben, d. h. Atome, welche ein negatives Elektron oder mehrere verloren haben, daß das neutrale System ‚positives Atomion-negatives Elektron' bei der Rückbildung zum neutralen Atom aber ein Bandenspektrum emittiert". Ausgehend von diesen Sätzen gelangte der Verf. zu einigen Folgerungen über die Spektra chemischer Verbindungen; zu diesen Folgerungen gehört die, daß jede Fluoreszenz eines Körpers bedingt ist durch eine Absorption in einem Bandenspektrum. Der Verf. fand diesen Satz an allen Substanzen erfüllt, von denen wir eine Fluoreszenz und das Absorptionsspektrum kennen; auch bei chemisch sehr verschiedenartigen Verbindungen wie Joddampf, Uranylnitrat in Wasser, Anthracen in Alkohol. Der Zusammenhang zwischen Absorption und Fluoreszenz kann sogar zur Aufsuchung neuer Fälle von Fluoreszenz, besonders im ultraroten und ultravioletten Spektralgebiet, dienen. Der Verf. zeigte dies an einer alkoholischen Lösung von Benzol, die im Ultraviolett zwischen 271 und 233 $\mu\mu$ sieben Absorptionsbänder besitzt. Als Quelle des erregenden Lichts diente eine Quecksilberlampe aus Quarzglas von Heraeus, die in jenem Spektralgebiet eine Anzahl von intensiven Linien erzeugt. Das Licht fiel von oben auf die in einem offenen Quarzrohr befindliche Lösung, deren oberste Schicht von der Seite her mit einem Quarzspektrographen beobachtet wurde. Die obere Hälfte des Spektrums zeigte alle stärkeren Quecksilberlinien, die sich etwas weniger hell in die untere Hälfte fortsetzten. Doch fehlten hier die äußersten ultravioletten Linien, die vom Benzol absorbiert werden; dafür zeigte sich bei geeigneter Verdünnung der Lösung ein kontinuierlicher Streifen im Spektrum, das Spektrum der Fluoreszenz des Benzols.

2. Die Entdeckung von J. Becquerel, daß die Absorptionsspektren gewisser Kristalle bei sehr tiefen Temperaturen erheblich verändert werden (*d. Ztschr. XX 182*), führte zu der

Vermutung, daß ein solcher Einfluß auch bei dem Phosphoreszenz-Emissionsspektrum gewisser Körper nachzuweisen sein müßte. Wie H. BECQUEREL zeigt, ist dieses bei phosphoreszierenden Uransalzen in der Tat der Fall. (*C. R. CXLIV 459; 1907*). Werden die Uransalze mit violettem Licht bestrahlt, so zeigt das Spektroskop bei gewöhnlicher Temperatur mehr oder weniger breite und diffuse Banden, die regelmäßig aufeinander folgende Gruppen bilden. In flüssiger Luft teilen sich die Banden in vielfache, bisweilen sehr feine Streifen; die Emissions- und Absorptionslinien unterliegen also gleichen Änderungen. Der Verf. untersuchte das Urannitrat, Uranylsulfat und Uranylchlorür. Die Erscheinung zeigt sich auch bei Urangläsern. Auch das von Kathodenstrahlen erregte Phosphoreszenzlicht des Chlorophans und des Leukophans gibt ein Spektrum, das bei der Temperatur der flüsssigen Luft erheblich verändert wird.

3. Ein Spiegel aus amorphem Selen eignet sich nach A. H. PFUND dazu, um ultrarote Strahlen zu polarisieren (*Astrophysical Journal XXIV 19 (1906); Natw. Rdsch. 1907, S. 41*). Das Selen wurde in der Dicke von etwa 1 mm auf Glasplatten aufgetragen. Durch eine Verbindung des Selenspiegels mit drei Silberspiegeln wurde ein Polarisator (*P*) hergestellt, bei dem einfallende Lichtstrahlen nach viermaliger Reflexion in derselben Richtung wieder austraten. Ein Selenspiegel in Verbindung mit einem parallel gestellten Silberspiegel gab den Analysator (*A*). Die von einer Nernstlampe kommenden parallelen Strahlen wurden durch Polarisator und Analysator geschickt und fielen dann auf den Spalt eines Spektrometers, dessen Prisma aus Steinsalz bestand; durch Drehung des Prismas wurde das ganze Spektrum über einen Spalt geführt, hinter dem sich die geschwärzten Flügel eines Nicholschen Radiometers befanden. Die Spiegel wurden zunächst so eingestellt, daß für eine bestimmte Wellenlänge die Reflexion am größten war, dann wurden *P* und *A* gekreuzt und die Lage der Spiegel für die kleinste Reflexion aufgesucht. Die Ablenkungen des Radiometers wurden bis zu 13 μ für parallele und gekreuzte *P* und *A* bestimmt. Man erhielt dann für alle Wellenlängen bei paralleler Stellung von *P* und *A* eine Radiometerablenkung >1000 mm, bei gekreuzter Stellung <1 mm; die Strahlen waren also in hohem Grade polarisiert. Wurde das in dieser Weise polarisierte Licht von einer Kalkspatplatte reflektiert und dann wieder analysiert, so zeigte sich, daß für $\lambda = 6{,}7\ \mu$, wo der Kalkspat metallische Reflexion besitzt, das planpolarisierte Licht in elliptisch polarisiertes verwandelt wurde. Auch Salze in festem und geschmolzenem Zustande sowie Flüssigkeiten zeigten im Ultrarot Banden mit metallischer Reflexion. Bei rauchender Schwefelsäure war die Lage der Maxima und Minima der Reflexionskurve von dem Grade der Verdünnung der Säure abhängig.

4. Ein neues Selenphotometer beschreibt E. PRESSER (*Elektrotechnische Zeitschr. 1907, S. 560*). Von zwei Spiegeln *A* und *D* (Fig. 1) werden die von den Lichtquellen *J* und *i* kommenden Strahlen nach derselben Richtung hin reflektiert und fallen auf eine Selenzelle *Se*, die sich zwischen den Endstellungen *a* und *b* rasch hin und her bewegt,

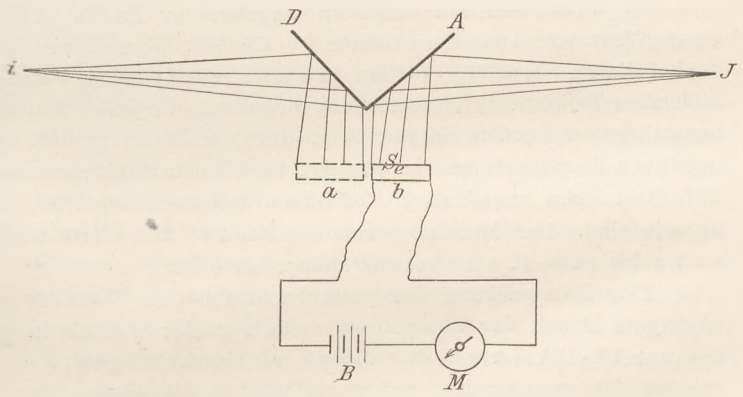


Fig. 1.

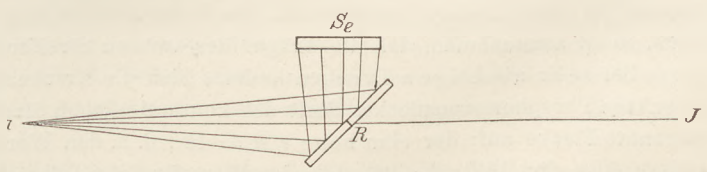
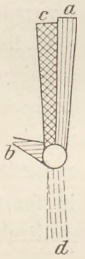


Fig. 2.

mithin abwechselnd von beiden Lichtquellen beleuchtet wird. Die Selenzelle ist mit einem Meßinstrument M in den Stromkreis einer Batterie B eingeschaltet. Bei gleicher Stärke der von J und i kommenden Strahlen steht der Zeiger des Instruments auf einer bestimmten Stelle fest; bei ungleicher Stärke gerät er in Schwingungen, deren Größe mit dem Unterschiede der Lichtstärken zunimmt. Verändert man das Verhältnis der Entfernungen der beiden Lichtquellen von der Zelle so weit, daß die Zeigerschwankungen verschwinden, so besteht Beleuchtungsgleichheit, und die gesuchte Lichtstärke kann aus dem Verhältnis der Entfernungsquadrate berechnet werden. — Bei der praktischen Ausführung des Photometers wurde die Selenzelle in Ruhe gelassen, der Beleuchtungswechsel durch Rotation eines Reflektors R vorgenommen (Fig. 2). Das Selenphotometer läßt sich auch für farbige Lichtquellen benutzen. Auf Strahlen verschiedener Wellenlänge reagiert es wie das menschliche Auge.

Schk.

Strahlen positiver Elektrizität. Die von Goldstein entdeckten und „Kanalstrahlen" benannten Strahlen wurden von J. J. THOMSON von neuem in bezug auf ihre magnetische und elektrische Ablenkbarkeit hin untersucht, wobei einige bemerkenswerte Ergebnisse gefunden wurden *(Phil. Mag., Vol. 13, S. 561; Vol. 14, S. 202, 295, 359; 1907)*. Die aus einer Öffnung der Kathode nach rückwärts austretenden Strahlen passierten zunächst eine feine Röhre und gelangten in einem dünnen Bündel auf einen mit Willemit-Pulver bestrichenen Schirm, auf dem dadurch ein kleiner, scharf begrenzter Fluoreszenzfleck erzeugt wurde. Bevor das Strahlenbündel den Schirm traf, passierte es zwischen zwei parallelen Aluminiumplatten ein elektrisches und zwischen den Polen eines starken Elektromagneten ein magnetisches Feld. Die durch die Felder hervorgebrachte Veränderung des Fluoreszenzflecks zeigt nebenstehende Figur. Der Druck in der mit trockener, wasserstofffreier Luft gefüllten Röhre betrug $^1/_{50}$ mm. Der ursprünglich kreisrunde Fleck wurde bei alleiniger Wirkung des Magnetfeldes zu dem Bande a, bei alleiniger Einwirkung des elektrischen Feldes zu dem Bande b, bei Einwirkung beider Felder zu dem Bande c ausgezogen. Während die Ablenkung des sehr hellen Streifens a auf positive Ladung der Strahlen hindeutet, ist nach der entgegengesetzten Seite noch ein sehr schwacher Streifen d zu sehen, der auf das gleichzeitige Vorhandensein negativer Strahlen schließen läßt. Der aus den Ablenkungen bestimmte Wert von e/m wächst von 0 (an dem nicht abgelenkten Teil) bis 10^4 (an dem am stärksten abgelenkten Ende). Die negativen Strahlen haben einen Wert von e/m, der kleiner ist als 10^4, können also nicht Kathodenstrahlen sein, da bei diesen $e/m = 1{,}7 \cdot 10^7$ ist. THOMSON nimmt an, daß einige der die positiven Strahlen bildenden Teilchen durch Anziehung negativer Korpuskeln neutralisiert werden; von diesen neutralisierten werden einige wieder durch Kollision positiv, andere durch Adhäsion eines negativen Korpuskels wieder negativ. So können Strahlen zustande kommen, die auf einem Teil ihrer Bahn unelektrisch, auf einem andern Teil positiv, auf einem dritten Teil wieder negativ sind. Der Mittelwert von e/m kann so alle Werte annehmen, von seinem Anfangswert α bis zu $-\alpha'$, wo α' etwas kleiner als α ist.



Eine Untersuchung der positiven Strahlen in Wasserstoff zeigte, daß bei nicht zu niedrigem Druck der Phosphoreszenzfleck größer war als in Luft. Der Maximalwert von e/m war $1{,}2 \cdot 10^4$, derselbe wie in Luft, die Geschwindigkeit $v = 1{,}8 \cdot 10^8$ cm/sec. In Helium zeigten sich zwei Streifen von verschiedener Ablenkung; der eine ergab dieselben Werte von e/m wie in Luft und Wasserstoff, bei dem andern war e/m beinahe genau $^1/_4$ des vorigen Wertes $(2{,}9 \cdot 10^3)$. Da das Atomgewicht des Heliums viermal so groß ist als das des Wasserstoffs, so ist anzunehmen, daß die Träger des zweiten Streifens Heliumatome sind.

Bei sehr niedrigen Drucken änderte sich die Erscheinung des von den Feldern abgelenkten Phosphoreszenzflecks. Statt des kontinuierlichen Streifens traten zwei voneinander getrennte Flecke auf; der eine hatte $e/m = 10^4$, d. h. den Wert für das Wasserstoffatom, der andere etwa die Hälfte $(5 \cdot 10^3)$, d. h. den Wert für die α-Teilchen oder das Wasserstoffmolekül. Die Zahlen waren dieselben, ob Luft, Wasserstoff, Kohlenoxyd, Neon oder Helium in der

Röhre war; nur bei Helium zeigte sich noch ein dritter Fleck, für den $e/m = 2{,}5 \cdot 10^3$ war. Hieraus scheint hervorzugehen, daß in sehr intensiven elektrischen Feldern verschiedene Stoffe positiv geladene Teilchen abgeben, die unabhängig sind von der Natur des Gases, aus dem sie entstehen, und die nach ihrem Werte von e/m direkt als Wasserstoffatome angesehen werden müssen. Der von Wien gemachte Einwand, daß diese Erscheinung auf Wasserstoffreste zurückzuführen wäre, wird von THOMSON durch sehr sorgfältige Versuche widerlegt.

Die Strahlen positiver Elektrizität gehen nicht nur als „Kanalstrahlen" von einer Öffnung der Kathode aus nach rückwärts, sondern finden sich auch vor der Kathode; THOMSON konnte sie hier, nach Ablenkung der Kathodenstrahlen durch einen Magneten, auf einem Willemitschirm nachweisen. Die Richtung ihrer Ablenkung erwies sie als positive Teilchen, allerdings von geringerer Geschwindigkeit als die „Kanalstrahlen". Endlich zeigte eine an der Entladungsröhre angebrachte seitliche, in einen Willemitschirm endigende Ansatzröhre, daß von dem Hauptzuge der positiven Strahlen auch nach der Seite hin positive Teilchen von noch geringerer Geschwindigkeit ausgesandt werden. Das von Kanalstrahlen durchsetzte Gas verhält sich hiernach ähnlich den radioaktiven Substanzen, indem es α-Strahlen nach allen Richtungen hin aussendet.

Andere Strahlen positiver Elektrizität, die von einer heißen Salzanode ausgehen, wurden von E. GEHRCKE und O. REICHENHEIM beobachtet (*Verhandl. der Deutschen Physikalischen Gesellschaft 1906, S. 559; 1907, S. 76 u. 200*). Bei den ersten Versuchen bestand die Anode aus einer Platinhülse, die mit Natriumkarbonat gefüllt war und durch einen besonderen Heizstrom auf Rotglut erhitzt wurde. Beim Stromdurchgang durch die Entladungsröhre ging dann von der Anode eine intensiv leuchtende Fackel aus, die bis zu den Wänden der Röhre reichte und sich bei Untersuchung mit dem Faradayschen Zylinder als positiv geladen erwies. Die anodische Lichterscheinung enthielt intensive D-Linien; die Dauer der Erscheinung betrug nur einige Minuten. Ähnliche intensive charakteristisch gefärbte Fackeln mit entsprechenden Spektren ergaben Anoden, die andere Salze wie Na Cl, Li Cl, Li_2CO_3, K Cl, K_2CO_3, Rb Cl, Cs Cl, $CuCl_2$, $BaCl_2$, $SrCl_2$, $InCl_3$ enthielten. Um für die Anodenstrahlen eine längere Dauer zu erzielen, wurde bei weiteren Versuchen die Anode aus einer kleinen, etwa 15 mm langen, 6 mm dicken Salzstange mit einem Platindraht als Zuleitung hergestellt. Besonders geeignet als Anodenmaterial war ein Gemisch von Li Br, Li J, Na J, das in einem Mörser pulverisiert und mit etwas Graphitpulver durchmischt wurde; das geschmolzene Salz wurde in ein Glasrohr emporgesaugt. Die Röhre wurde mit einer Gaedeschen Quecksilberluftpumpe unter Anwendung von Kokosnußkohle in flüssiger Luft zu hohem Vakuum gebracht. Man erhielt dann mit den zuletzt beschriebenen Anoden hellrote nadelartige Strahlen von großer Helligkeit, die an der Glaswand rotgelbe Fluoreszenz erregten. Durch geeignete Lage der Anode konnten die Anodenstrahlen mit den Kathodenstrahlen der Röhre, die grüne Fluoreszenz erregten, gekreuzt werden. Die Länge des Anodenstrahles war um so größer, je größer das Vakuum; die längsten von den Verff. beobachteten Anodenstrahlen legten einen Weg von 25 cm zurück. An Körpern, die ihnen in den Weg gestellt wurden, werfen sie scharfe Schatten. Ebenso wie die Kathodenstrahlen stehen die Anodenstrahlen senkrecht zu der Fläche, von der sie ausgehen; wurde z. B. die Endfläche der Anode um 45° gegen ihre Achse geneigt abgeschliffen, so änderte das nadelförmige Strahlenbündel dementsprechend auch seine Richtung. Die Anoden letzter Art konnten tagelang benutzt werden; mit der Zeit ließ aber ihre Aktivität auch nach. Ebenso wie Lithium- eigneten sich dazu besonders auch Natrium- und Thalliumsalze. Immer war aber die Beimengung eines andern Stoffes wie Graphit- oder Zinkpulver zweckmäßig. — Durch Versuche zwischen Kondensatorplatten und im Magnetfelde wurde die positive Ladung der die Anodenstrahlen bildenden Teilchen festgestellt, doch sind die Werte von e/m und v noch nicht bestimmt worden. *Schk.*

Calcium als Absorptionsmittel von Gasen. Von FR. SODDY (*Proc. of the Royal Soc. 1906, Vol. 78, S. 429; Naturw. Rundschau 1907, S. 304*). Schon Maquenne zeigte, daß eine Mischung

von Calciumoxyd und Magnesium beim Erhitzen Sauerstoff und Stickstoff schnell absorbiert, wobei sich wahrscheinlich Calcium in fein verteiltem Zustande bildet. Moissan fand, daß Calcium in fein verteiltem kristallinischen Zustande bei dunkler Rotglut Wasserstoff und Sauerstoff unter Aufleuchten absorbiert. Arndt beobachtete, daß die Absorption bei 700° begann, bei 730° sehr rasch und bei sichtbarer Verdampfung vor sich ging, während der Schmelzpunkt 800° war. Soddy konnte die rasche Absorption von Sauerstoff und Stickstoff durch Calciumdampf bestätigen. Ebenso wurden auch Kohlenoxyd, Kohlendioxyd, Wasserdampf, Wasserstoff, Acetylen, schweflige Säure, Ammoniak und die Stickoxyde absorbiert, und zwar in Mengen von mehreren ccm so stark, daß das Leuchten einer angeschlossenen Spektralröhre aussetzte. Das bei Absorption von Wasserstoff gebildete Calciumhydrid hat bei zu hoher Temperatur Neigung zur Dissoziation. Baryum und Strontium zeigen ähnliche Eigenschaften. Die Gase der Argongruppe werden von dem Calciumdampf nicht absorbiert und können daher nach dieser Methode in großer Reinheit dargestellt werden. Bei einer in dieser Weise mit reinem Argon gefüllten Röhre zeigte sich, daß bei einem Druck von weniger als $^1/_{50}$ mm eine elektrische Entladung nicht mehr hindurchging. Die Höhe des Vakuums einer Röhre hängt hiernach sehr von der Natur des zurückbleibenden Gases ab. Daß man mit der Quecksilberluftpumpe ein für Entladungen geeignetes Vakuum erhält, kann hiernach mit der Einatomigkeit des Quecksilberdampfs zusammenhängen. In reinem Helium ist unter einem Druck von weniger als 0,05 mm eine elektrische Entladung nicht möglich, doch kann schon 0,0005 mm Helium spektroskopisch nachgewiesen werden, wenn es mit andern Gasen gemischt ist. Soddy konnte $^1/_{2000}$ cmm Helium nachweisen, eine Menge, die 10^{-10} g wiegt und etwa $2 . 10^{13}$ Atome enthält. *Schk.*

Die Bestimmung von Kohlendioxyd. Von H. Rebenstorff. Mittels der früher beschriebenen Gasmeßzylinder und Entwicklerkölbchen mit Hahn im Abzugsrohr und Hohlstopfen (*ds. Zeitschr. XVIII 277* und *XIX 98*) kann man auch recht genaue und bequeme Bestimmungen der stark löslichen Kohlensäure ausführen, wie in der *Chemiker-Zeitung 1906, S. 1114* beschrieben wurde. Auch beim Verdrängen des Wassers im Meßzylinder von oben her werden nicht unerhebliche Mengen des Gases gelöst, besonders wenn, wie beim nachträglichen Auskochen der Entwicklerflüssigkeit, das Gas einige Zeit vor der Ablesung mit dem Wasser in Berührung bleibt. Ein schnelles Austreiben des Gasrestes aus der Säure erzielt man mittels einer abgewogenen Menge von Magnesiumspänen, die bei 18,1° und Normaldruck pro mg je 1 ccm Wasserstoff entwickeln. Durch einen schnellen Vorversuch kann man übrigens feststellen, wieviel Gas z. B. durch 100 mg des Magnesiums in den Meßzylinder getrieben wird. Die Karbonatmenge wird etwa so gewählt, daß 100—150 ccm Kohlendioxyd entwickelt werden, wenn sie aus dem Hohlstopfen in die Säure geschüttet wird. Um kräftig umschütteln zu können, spannt man den Meßzylinder in der Klemme eines an den Tisch geschraubten Statives fest. Da ein längerer Gummischlauch eine weitere Menge des Gases durch Diffusion entfernt, so benutzt man als Verbindung von Entwickler und Zylinder ein oder mehrere Glasrohrstücke nebst kurzen, festgebundenen Schlauchstücken. Nach Aufhören der Gasentwicklung stellt man das drehbare Abflußrohr am Meßzylinder auf gleichen Druck innen und außen ein und schließt den Hahn am Entwickler. Man öffnet ihn erst wieder, nachdem ein kleines Einsatzgläschen mit der abgewogenen Magnesiummenge in den Hohlstopfen eingebracht war. Diese läßt man durch Neigen des Entwicklers in die Säure fallen und schüttelt so lange um, bis alles gelöst ist. Die Bewegung des Wassers im Abflußrohre am Meßzylinder macht bei dem abschließenden Bewegen des Entwicklers im Kühlwasser sehr bequem die Temperaturverhältnisse im Entwickler kenntlich. Zuletzt wird wieder das Abflußrohr auf gleich hohen Wasserstand eingestellt und vom abgelesenen Volumen die Wasserstoffmenge abgezogen.

Zur Berechnung der reinen Karbonatsubstanz ist die Zahl der ccm des reduzierten Gasvolumens mit einem stöchiometrischen Faktor zu multiplizieren. 1 g-Molekulargewicht Kohlendioxyd ($O = 16$), also 44 g CO_2 haben das Normalvolumen von 22255 ccm (Gewicht

eines $l\,H = 0{,}08995$ g; S. G. der $CO_2 = 21{,}98$ für $H = 1$). 1 ccm Kohlendioxyd entspricht also nahezu $\frac{9}{2.100000} \times 1$ g-Molgewicht des Karbonates (oder von CO_2 selbst).

Eine Einschränkung erfährt der Gasverlust durch Lösung im Meßzylinder, wenn statt des Wassers eine schwere Salzlösung (fast gesättigte Natriumnitratlösung) benutzt wird. Freilich ist dann die im Gase vorhandene Wasserdampfmenge etwas geringer als beim Zustande völliger Sättigung. Nach Kontrollversuchen wurde als Korrekturgröße der Wert von 1% berechnet, um den man das gefundene Kohlensäurevolumen in Rücksicht auf etwas geringeren Dampfdruck über der Salzlösung und auf Verluste zweckmäßig vermehrt. Die Bestimmungen sind dann auf etwa $\frac{1}{2}$% genau.

Das eine zur Orientierung benutzte Verfahren solcher Gasmessungen liefert zugleich eine bequeme und anschauliche Bestätigung des Satzes von der nahen Übereinstimmung der Volumina gleichmolekularer Gasmengen (Avogadrós Satz). Man bestimmt zunächst nach der „Acidimetrie durch Wasserstoffmessung“ (*ds. Zeitschr. XIX 98*) mittels eines Magnesiumüberschusses den Säurewasserstoff aus 20 ccm Normalsäure (Methylorange als Indikator). Nach dem Wiederbeschicken mit der gleichen Säuremenge läßt man zunächt eine zur Neutralisation der Säure nur etwa zur Hälfte hinreichende Menge Kaliumkarbonat (schnelllöslich) aus dem Hohlstopfen heraus auf die Säure wirken und bringt dann, wie vorhin beschrieben, einen Magnesiumüberschuß mittels Einsatzes in die Säure. Bei Unterbrechung der Gasentwicklung im Augenblicke des Farbenumschlages (vorher Bewegen im Kühlwasser und Einstellen auf Druckausgleich) erhält man fast dieselbe Gasmenge wie vorhin, als sie aus Wasserstoff allein bestand. Die kleinen Differenzen (1,2–2,0 ccm) kommen z. T. auf Rechnung der oben erwähnten Umstände, z. T. aber auf die Abweichung der Kohlensäure von den Gasgesetzen. Das Verhältnis der beobachteten zur theoretischen Dichte der Kohlensäure ($21{,}98 : 21{,}835 = 1{,}0066$) läßt erkennen, daß das wirkliche Volumen dieses Gases um nahezu $\frac{1}{160}$ kleiner ist, als dem theoretischen Werte entspricht, oder als das Volumen einer gleichmolekularen Wasserstoffmenge. Um ebensoviel sind alle Berechnungen falsch, die, wie vielfach gebräuchlich, als Dichtewert der Kohlensäure die theoretisch gefundene Zahl 0,001965 an Stelle der gemessenen 0,001977 zugrunde legen. *H. R.*

---

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Otto von Guerickes Originalluftpumpen. In der *Magdeburgischen Zeitung 1907* (*Wissensch. Wochenbeilage Nr. 20–22*) gibt W. Ahrens eine gedrängte Übersicht über den Stand unserer Kenntnisse in dieser Sache. Was zunächst die Zeit der Erfindung betrifft, so kann diese mit Sicherheit bis in das Jahr 1641 zurückdatiert werden. Denn in einem Brief an den Mathematiker Hindenburg vom 9. Mai 1799 (abgedruckt in Hindenburgs Archiv der reinen und angewandten Mathematik 1799, X. Heft) sagt der Straßburger Professor der Mathematik Christian Kramp: „In Cölln selbst ist bereits eine artige Sammlung physikalischer Sachen: eine Guerickesche Luftpumpe, von ihm selbst gemacht, und im Jahre 1641 dem Magistrat zu Cölln zum Präsent geschickt.“ Es liegt kein Grund vor, an der Angabe Kramps zu zweifeln, zumal dieser Professor der Chemie und Experimentalphysik an der betreffenden Schule in Cöln gewesen war und sich doch aller Wahrscheinlichkeit nach auf aktenmäßige Belege gestützt haben wird. Bereits in Gehlers Wörterbuch ist auf die Angabe Kramps verwiesen, doch fälschlich 1651 statt 1641 gesetzt. G. Berthold hat (Ann. d. Phys. 1883, Bd. 20) diesen Irrtum richtiggestellt: auf seine Anregung sind auch in Cöln Nachforschungen nach der Luftpumpe und ihrem Verbleib vorgenommen worden; man vermutet, daß sie in der französischen Zeit abhanden gekommen sei, obwohl sie in dem Verzeichnis der nach Paris entführten Sachen nicht genannt ist. Die Datierung 1641 stimmt auch zu der sonst übrigens nicht bestätigten Angabe v. Biedersees, eines Urenkels von Guericke, daß dieser die meisten

seiner Entdeckungen von 1632—1638 gemacht habe; sie ist um so beachtenswerter, als dadurch Guericke in betreff der Herstellung eines Vakuums die Priorität vor Torricelli gesichert ist.

Unter den Luftpumpen Guerickes sind drei verschiedene Typen zu unterscheiden 1. Die von Kaspar Schott 1657 beschriebene und abgebildete Maschine. Mit dieser sind die Versuche auf dem Reichstag zu Regensburg ausgeführt worden, sie ist danach in den Besitz des Erzbischofs von Mainz und Bischofs von Würzburg Johann Philipp von Schönborn übergegangen und nach Würzburg geschafft worden. Über ihre weiteren Schicksale ist nichts bekannt. Demselben Typus dürfte auch die vorher erwähnte Cölner Luftpumpe angehört haben. — 2. Eine zweite durch zwei Stockwerke reichende Pumpe, zuerst 1664 von Kaspar Schott in seiner Technica curiosa beschrieben und abgebildet. Ihre Konstruktion ist in den Anfang des Jahres 1662 zu setzen. Auch über sie fehlt jede weitere Nachricht. — 3. Die vom Erfinder selbst in seinem Werk zuerst (1672) beschriebene Maschine auf Dreifuß; bei ihrer Konstruktion, die keinesfalls vor die zweite Hälfte 1662 zu setzen ist, hat sich Guericke sicher an die Boylesche Pumpe angelehnt, aber die Bewegung des Kolbens nicht durch ein Getriebe mit Kurbel, sondern durch ein Hebelwerk bewerkstelligt. Von diesem Typus hat Guericke mehrere Maschinen anfertigen lassen. Eine von diesen ist (1676 oder 1679) in den Besitz des schwedischen Arztes und Apothekers Heraeus gelangt. Eine zweite befindet sich jetzt im physikalischen Institut der Universität Berlin und hat, nachdem sie auf Veranlassung von A. Kundt instand gesetzt worden, 1889 eine Luftverdünnung bis 30 mm Quecksilberdruck gegeben. Sie befand sich vorher auf der Kgl. Bibliothek zu Berlin, doch ist unbekannt, wie sie dorthin gekommen ist. Eine dritte wird in der Technischen Hochschule zu Braunschweig aufbewahrt; ihre Echtheit wird bezweifelt, doch spricht sich der Verfasser für die Echtheit aus.

Noch eine weitere Maschine, die für Guericke reklamiert wird, befindet sich im Kaiser Friedrich-Museum zu Magdeburg. Sie ist 1821 aus dem Besitz eines Dr. Westrumb in Hameln erworben. Sie ist bereits mit dem Luftpumpenteller versehen, der eine Erfindung von Huygens ist. Indessen ist es nicht unwahrscheinlich, wenn auch nicht erwiesen, daß Guericke von dieser Erfindung Kenntnis erhalten hat, und demnach auch nicht undenkbar, daß er eine solche Maschine sich hat herstellen lassen. Die Erfindung von Huygens geht auf das Jahr 1661 zurück; im Jahre 1663 erhielt Guericke den Besuch des berühmten Reisenden Balthasar de Monconys, der vorher in England gewesen und dort bereits, wie man anzunehmen Anlaß hat, eine Luftpumpe mit Teller kennen gelernt hatte. Der Verfasser weist Einwendungen zurück, die von anderer Seite dagegen erhoben worden sind, daß Guericke mit einer Tellerluftpumpe gearbeitet haben könne. Somit bleibt es, wenn auch zweifelhaft, so doch nicht ganz ausgeschlossen, daß die zuletzt genannte Luftpumpe aus Guerickes Besitz stammt. *P.*

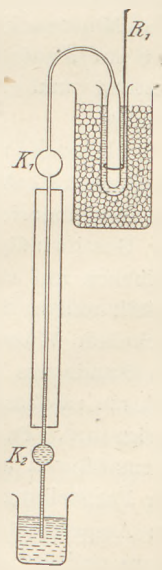
4. Unterricht und Methode.

Die Ionentheorie im Unterricht. Von E. Weinwurm. Über das vorstehende Thema hielt der Verfasser auf dem IX. deutsch-österreichischen Mittelschultage in Wien einen Vortrag, in welchem hauptsächlich der chemische Unterricht der österreichischen Oberrealschule ins Auge gefaßt ist. In der V. Klasse, nach der Durchnahme des Wassers als Lösungsmittel, ist nach dem Verf. der geeignete Platz, um den Schüler mit der Ionentheorie bekannt zu machen. Es ist anerkennenswert, daß der Verf. die Grundtatsachen der Lösungstheorie und nicht die elektrischen Erscheinungen in den Vordergrund stellt. Es wird nur anfänglich der Unterschied zwischen Elektrolyten und Nichtelektrolyten in einigen einfachen Versuchen erklärt: In einem Becherglas befinden sich zwei Platinelektroden, die mit einem Element oder einem Akkumulator verbunden sind. In den Stromkreis ist ein Amperemeter oder eine elektrische Klingel eingeschaltet. Wird in das Glas destilliertes Wasser gegeben, so wird

kein Strom angezeigt, da Wasser fast ein Nichtleiter der Elektrizität ist. Auch bei Zuckerlösung erfolgt kein Ausschlag am Amperemeter bzw. kein Ertönen der Klingel. Verwendet man dagegen verdünnte Salzsäure, Ätznatronlösung und Kochsalzlösung, so geht jedesmal ein Strom durch die Flüssigkeit. In allen Fällen, wo der Strom die Flüssigkeit passierte, haben sich auch Gase an den Elektroden entwickelt. — Es ist damit gezeigt, daß Wasser und organische Substanzen Nichtleiter der Elektrizität sind, während Säuren, Basen und Salze den elektrischen Strom gut leiten.

Den nun folgenden Lösungsversuchen ist der Beckmannsche, von Lüpke vereinfachte Apparat zugrunde gelegt. Es wird damit zuerst der Siedepunkt des reinen Wassers (200 ccm) bestimmt. Es werden dann in das Wasser 34,2 g Rohrzucker eingetragen, das Wasser zum Sieden gebracht und der Stand des Thermometers abgelesen. Er ist höher als bei reinem Wasser. Nun werden wiederum 34,2 g Rohrzucker zugefügt. Die Lösung ist jetzt eine Normalrohrzuckerlösung; sie wird wieder zum Sieden gebracht. Die Siedepunktserhöhung ist jetzt das Doppelte als das erste Mal. Daraus folgt, daß die Siedepunktserhöhung der Menge der gelösten Substanz proportional ist. Inzwischen hat man in einem Becherglas 200 ccm Wasser, in welchem 12 g Harnstoff gelöst wurden, vorgewärmt. Wird nun diese Lösung in das Siedegefäß übergegossen und gekocht, so nimmt das Quecksilber denselben Stand ein wie bei der zweiten, der Normalrohrzuckerlösung, ein Beweis, daß die Siedepunktserhöhung von der Art der Substanz unabhängig ist. — Nunmehr wird zu einem Elektrolyten übergegangen. In 200 ccm heißem Wasser werden 11,7 g Na Cl (Normal Na Cl-Lösung) aufgelöst und die Siedepunktserhöhung bestimmt. Sie ist doppelt so groß wie bei der Normalrohrzuckerlösung.

Wie durch vorige Versuche nachgewiesen wurde, ist die Siedepunktserhöhung proportional der Menge der gelösten Substanz, also der Anzahl der gelösten Moleküle, von der Art derselben jedoch unabhängig. Es kann daher die Zunahme der Siedepunktserhöhung bei der Kochsalzlösung nur in der Weise erklärt werden, daß beim Lösen des Natriumchlorids eine bedeutende Vermehrung der Zahl der Teilchen stattgefunden hat, d. h. die vorhandenen Moleküle müssen sich gespalten haben. Da aber ein Molekül sich nicht mehr in gleichartige Bestandteile zerlegen läßt, so müssen die entstandenen Teilchen Atome oder Atomgruppen, Ionen genannt, sein. Das Molekül Na Cl dissoziiert demnach in das Ion Natrium und in das Ion Chlor. — Die Annahme von Arrhenius, daß die Moleküle von Elektrolyten in wäßriger Lösung in Ionen gespalten sind, findet eine weitere Bestätigung in der Gefrierpunktserniedrigung solcher Lösungen.



Zur Demonstration wird ein von Cimician konstruierter, dem Beckmannschen nachgebildeter einfacher Apparat benutzt. Den Hauptteil desselben bildet ein Luftthermometer (s. Figur). Dies wird durch Eintauchen in mit Indigo gefärbtes Wasser und Erwärmen der Birne des Thermometers und Abkühlenlassen mit Wasser gefüllt, so weit, daß nach dem Abkühlen der Birne die untere Kugel K_2 mit Wasser voll ist. Eine Stunde vor Beginn des Unterrichts werden fünf Probiergläser, von denen jedes mehr als 50 ccm faßt, in Eis gestellt, um die Flüssigkeiten vorzukühlen. Das erste ist gefüllt mit reinem Wasser, das zweite mit n/2-Rohrzuckerlösung, das dritte mit n-Rohrzuckerlösung, das vierte mit n-Harnstofflösung, das fünfte mit n-Kochsalzlösung. Kurz vor der Unterrichtsstunde wird ein starkwandiges Glas mit einer Kältemischung beschickt. Bei der Durchführung des Versuches wird zunächst das Probierglas mit destilliertem Wasser in die Kältemischung eingesetzt, sodann ein Rührer R über die Birne des Thermometers geschoben. Unter beständiger Bewegung des Rührers, der aus starkem Kupferdraht hergestellt ist, gefriert das destillierte Wasser. Die Flüssigkeit im Thermometer steigt und stellt sich auf einen Punkt ein, der markiert und als 0° bezeichnet wird. Dann werden in gleicher Weise die genannten Lösungen vorgelegt. Zuerst die n/2-Rohrzuckerlösung. Die Eis-

bildung erfolgt jetzt bei einer tieferen Temperatur als 0°, infolgedessen steigt die Thermometerflüssigkeit im Rohre und stellt sich endlich ein. Der Stand wird angezeichnet. Nun wird die n-Rohrzuckerlösung vorgelegt. Die Thermometerflüssigkeit steigt nochmals, und zwar um das gleiche Stück, als sie bei der n/2-Rohrzuckerlösung gestiegen ist. Der Stand wird wieder markiert. Hierauf bringt man in die Kältemischung das Glas mit der n-Harnstofflösung und läßt unter Rühren gefrieren. Die Thermometerflüssigkeit nimmt nach der Eisbildung denselben Stand ein wie bei der n-Rohrzuckerlösung. Endlich wird das Glas mit der Kochsalzlösung vorgelegt. Sobald die Eisausscheidung erfolgt ist, steigt die Flüssigkeit im Thermometerrohr nicht mehr und steht jetzt doppelt so hoch als bei der n-Rohrzuckerlösung. Demnach beträgt bei Natriumchlorid die Gefrierpunktserniedrigung das Doppelte wie bei der n-Rohrzucker- oder n-Harnstofflösung. Aus den Versuchen folgt: Bei der Gefrierpunktserniedrigung gelten dieselben Gesetze wie bei der Siedepunktserhöhung; sie ist der Menge der gelösten Substanz, also der Anzahl der Moleküle, proportional, von der Art derselben jedoch unabhängig, und deshalb ist anzunehmen, daß die abnormale Gefrierpunktserniedrigung der Lösung eines Elektrolyten dadurch stattfindet, daß er in seine Ionen dissoziiert ist. Nachdem so die Existenz der Ionen nachgewiesen ist, werden deren wichtigste Eigenschaften erörtert. Die Ionen sind Atome oder Atomgruppen, welche mit Elektrizität beladen gedacht sind. H-ionen und Metallionen mit positiver, Hydroxyl-, Halogen-, Schwefel- oder Säurerestionen mit negativer Elektrizität. Senkt man zwei Elektroden in die Lösung eines Elektrolyten ein, so wandern die Ionen zu der mit entgegengesetzter Elektrizität versehenen Elektrode, werden an derselben entladen und als freie Elemente abgeschieden. Die Elektrolyse von verdünnter Salzsäure oder von $ZnCl_2$ zeigt es sehr deutlich. — Die Wanderung der Ionen wird nach Nernst in sehr einfacher Weise gezeigt. Ein U-Rohr besitzt unten ein mit einem Hahn versehenes Trichterrohr angeschmolzen. Bei geschlossenem Hahn gießt man in das U-Rohr eine n/3000-KNO_3-Lösung, so daß die Schenkel halb gefüllt sind. Nun läßt man durch vorsichtiges Öffnen des Hahnes eine n/3000-$KMnO_4$-Lösung, welche durch Zusatz von Harnstoff spezifisch schwerer gemacht worden ist, langsam eintreten. Die Kaliumpermanganatlösung hebt die KNO_3-Lösung in die Höhe. Sobald die als Elektroden verwendeten Platindrähte in die Salpeterlösung eintauchen, wird der Hahn geschlossen und der Strom durch die Lösung gesandt. Man sieht bald in dem Anodenschenkel das Niveau der Permanganatlösung steigen, im Kathodenschenkel fallen. Nach zehn Minuten beträgt die Niveaudifferenz 1 cm. Die violettgefärbten MnO_4'-Ionen haben sich zur Anode bewegt. Wird der Strom gewendet, so kehrt sich auch die Bewegungsrichtung um. Für den Versuch ist ein Strom mit einer Spannung von 65 Volt notwendig.

Danach wird das Wasserstoffion und Hydroxylion als Ursache der sauren bzw. alkalischen Reaktion gekennzeichnet. Es folgen einige Erscheinungen, die gerade auf Grund der Ionentheorie ihre Erklärung finden. Die Stärke der Säuren wird zunächst erläutert an der Geschwindigkeit, mit der sie Wasserstoff entwickeln. Zu diesem Zwecke werden drei Kölbchen auf ein Drittel mit Normalsalzsäure, Normalschwefelsäure und Normalessigsäure gefüllt und in die Kölbchen gleichgroße Stückchen Zink hineingeworfen und der sich entwickelnde Wasserstoff unter mit Wasser gefüllte Probiergläser geleitet. Man bemerkt bald am Stande des Wassers in den Röhren, daß der Wasserstoff aus den Kölbchen mit Salzsäure sich am raschesten entwickelt, weniger rasch aus der Schwefelsäure und langsam aus der Essigsäure. Parallel mit diesem Versuch wird ein zweiter über die Leitfähigkeit dieser drei Normalsäuren angestellt. Die Versuchsanordnung ist dieselbe, wie sie eingangs anläßlich der Feststellung von Leitern und Nichtleitern der Elektrizität war. Den größten Ausschlag am Amperemeter erhalten wir bei der Salzsäure, einen etwas kleineren bei der Schwefelsäure und nur einen sehr geringen bei der Essigsäure. Aus der verschiedenen Leitfähigkeit der genannten drei Säuren wird gefolgert, daß die Zahl der Moleküle der Salzsäure, welche in Ionen zerfallen sind, größer sein muß als bei der Schwefelsäure und nur gering sein kann bei der Essigsäure. Aus dem Parallelismus zwischen Leitfähigkeit und Reaktionsfähigkeit

folgt, daß die Salzsäure deshalb die stärkste, also reaktionsfähigste ist, weil die größte Zahl ihrer Moleküle in Ionen gespalten ist. Die Ionen sind es also, welche die chemische Reaktionsfähigkeit bedingen. Hierauf wird die chemische Aktivität der Ionen erläutert und an einigen passenden Beispielen gezeigt, daß die analytischen Reaktionen als Ionenreaktionen aufzufassen sind. Zum Schluß wird die Hydrolyse näher erörtert. (*Österr. Mittelschule, Jg. XXI.*) O.

Die Einrichtungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht an den höheren Schulen Preußens. Über diesen Gegenstand ist bekanntlich von der Unterrichtskommission der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte eine Rundfrage veranstaltet worden, die sich auf 319 Gymnasien und 134 Realanstalten (RG und OR) erstreckte, und deren Ergebnisse in einem Bericht für die diesjährige Naturforscherversammlung (vgl. S. 412) zusammengestellt worden sind. Wir müssen wegen der Einzelheiten auf den Bericht selbst verweisen, der in dem nächstens erscheinenden Gesamtbericht der Kommission (Leipzig bei B. G. Teubner) enthalten ist und überdies auch als Sonderabdruck allen beteiligten Anstalten von seiten der Kommission zugesandt worden ist.

Von den einzelnen Fragen ist die bezüglich der physikalischen Schülerübungen zurzeit von besonders hohem Interesse. Zu der in der Rundfrage angenommenen Zeit (Winter 1905/6) waren solche Übungen an 30 preußischen Anstalten (6 G, 17 RG, 7 OR) eingerichtet; ein besonderer Raum dafür war nur an 6 Anstalten vorhanden. Zur Anstellung von physikalischen Übungen bereit erklärt haben sich aber die Fachlehrer an 233 gymnasialen und an 86 Realanstalten. Rechnet man noch die vorher erwähnten 30 Anstalten hinzu, so ergibt dies 74,9 % der gymnasialen und 82,1 % der Realanstalten oder 77 % der Gesamtzahl aller Anstalten. Dies Ergebnis ist als ein überaus beweiskräftiges Zeugnis dafür anzusehen, wie weit die Überzeugung von der Nützlichkeit der Übungen bereits verbreitet ist. Als Voraussetzungen für die Abhaltung der Übungen werden in zahlreichen Fällen ausreichende Mittel (118 mal) und ein Arbeitsraum (172 mal) gefordert; eine weitere Voraussetzung (173 mal) ist, daß die für Schülerübungen angesetzten Stunden dem Lehrer auf die Pflichtstundenzahl angerechnet werden. Die Kommission befürwortet diese Forderung auch im Hinblick auf den Aufwand an Zeit und Kraft, den die Vorbereitung der Übungen erfordert, und auf die Anstrengung, mit der die Stunden selbst in der Regel verknüpft sein werden.

Was die chemischen Schülerübungen betrifft, so existieren solche bereits an 100 Anstalten, von denen 94 einen besonderen Raum dafür besitzen. Die Geneigtheit, chemische Übungen einzuführen, ist überdies noch an 39 Anstalten geäußert und an eine Reihe berechtigter Wünsche geknüpft worden. Biologische Schülerübungen werden von 3 Anstalten verlangt.

Im Anschlusse an die übrigen Ergebnisse der Fragebogen stellt die Kommission noch eine Reihe von Anforderungen und Wünschen zusammen, denen die Einrichtungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht zu entsprechen haben, sofern der Erfolg des Unterrichts keine Beeinträchtigung erfahren soll. Es sind dies folgende:

A. Zum Etat des naturwissenschaftlichen Unterrichts und zur Verwaltung der Sammlungen.

1. Eine Erhöhung der Summe für die Bedürfnisse des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist an vielen Anstalten dringend wünschenswert. Doch nimmt die Kommission Abstand davon, bestimmte Beträge in Vorschlag zu bringen, zumal die Höhe der erforderlichen Summe von der Größe und Art der Anstalten und von lokalen Verhältnissen abhängig ist. Dagegen befürwortet sie nachdrücklich, daß für diese Bedürfnisse an jeder Anstalt eine feste jährliche Summe in den Etat eingestellt wird, und daß davon bestimmte Beträge dem physikalischen, dem chemischen und dem biologischen Unterricht überwiesen werden. Die Verfügung über diese Beträge soll dem Verwalter der betreffenden Sammlung, im Einvernehmen mit den übrigen Lehrern des Faches, zustehen. Der Verwalter hat darüber jähr-

lich Rechenschaft abzulegen; doch sollte ihm ein kleiner Dispositionsfonds angewiesen sein, um geringwertige Verbrauchsgegenstände ohne umständliche Rechnungslegung zu beschaffen.

2. Angesichts der nicht geringen Mühe, die insbesondere der Verwalter der physikalischen Sammlung aufzuwenden hat, empfiehlt die Kommission, ihm eine angemessene Entschädigung zuzubilligen, die in einer Remuneration oder je nach Umständen auch in einer Verminderung der Pflichtstundenzahl bestehen kann. Entsprechendes gilt auch hinsichtlich der Verwaltung des chemischen Laboratoriums und hinsichtlich der Mühewaltung behufs Beschaffung und Präparation von Objekten für den biologischen Unterricht.

B. Bezüglich der Unterrichtsräume und der Sammlungen.

3. Für den physikalischen Unterricht ist ein besonderes Unterrichtszimmer von ausreichender Größe erforderlich, das ausschließlich für diesen Unterricht benutzt wird. Letzteres ist namentlich auch deswegen geboten, weil das Zimmer in der unterrichtsfreien Zeit dem Lehrer für Vorbereitung von Versuchen und für Aufstellung von Apparaten zur Verfügung stehen muß, und weil anderseits Unberufene von etwa aufgestellten Apparaten fern gehalten werden müssen.

4. Zur Einrichtung des physikalischen Unterrichtszimmers gehört ein eigener Experimentiertisch, der nicht mit allen Kunstmitteln der heutigen Demonstrationstechnik ausgerüstet zu sein braucht, aber mit Gasleitung und gegebenenfalls mit elektrischen Anschlüssen versehen sein muß. Außerdem ist Wasserleitung und eine Abzugsvorrichtung für schädliche Gase erforderlich. Eine Projektionsvorrichtung darf nicht fehlen und ist, wenn kein elektrischer Anschluß vorhanden ist, wenigstens mit Kalk- oder Zirkonlicht zu versehen. Die Benutzung direkten Sonnenlichts ist sehr wünschenswert, doch braucht das Unterrichtszimmer darum nicht unbedingt nach Süden zu liegen, sofern nur Vorkehrungen getroffen werden können, um gleichwohl das Sonnenlicht bis in das Unterrichtszimmer zu leiten.

5. Für die physikalische Sammlung ist ein besonderer, vom Unterrichtszimmer getrennter Raum erforderlich, dessen Größe so ausreichend bemessen sein muß, daß die Nötigung entfällt, Apparate oder Schränke mit solchen auf dem Flur aufzustellen.

6. Ein physikalisches Vorbereitungszimmer mit Gas- und Wassereinrichtung, eventuell mit elektrischem Anschluß, ist namentlich an solchen Anstalten erforderlich, wo mehrere Physiklehrer nebeneinander unterrichten.

7. Wünschenswert ist auch eine kleine Werkstatt mit Drehbank und sonstigem Zubehör. Wenn auch die Beschäftigung mit derartigen Arbeiten von dem Fachlehrer nicht gefordert werden kann, so müßte doch dem, der dazu Neigung hat, im Interesse des Unterrichts die Gelegenheit gegeben werden. Das Bedürfnis danach wird wachsen, je mehr auch im Hochschulunterricht die Ausbildung einer gewissen Handfertigkeit gepflegt werden wird. Auch im Hinblick auf manche Reparaturen ist das Vorhandensein einer Werkstatt von Wert.

8. Ein besonderes Unterrichtszimmer für den chemischen Unterricht ist an Realanstalten unbedingt notwendig; dafür spricht schon der Umstand, daß an der Mehrzahl der Anstalten (116 von 147) ein solches bereits vorhanden ist. An Gymnasien ist die Trennung des chemischen vom physikalischen Unterrichtsraum mindestens wünschenswert, namentlich sobald der chemische Unterricht an diesen Anstalten eine Verstärkung erfahren haben wird.

9. Auch für die chemische Sammlung ist ein besonderer Raum wünschenswert, der zugleich als Vorbereitungsraum dienen kann, besonders an solchen Anstalten, wo das Unterrichtszimmer stark beansprucht ist.

10. Überaus dringlich ist das Bedürfnis nach einem besonderen biologischen Unterrichtszimmer, das auch alle erforderlichen Vorrichtungen für Demonstrationen und Experimente, insbesondere auch einen Projektionsapparat enthalten muß. Ein solches Unterrichtszimmer ist schon jetzt an allen Anstalten um so nötiger, je mehr der naturkundliche Unterricht

in einen wirklich biologischen übergeführt wird; der Unterricht im Klassenzimmer schließt nicht nur die meisten Experimente sowie verschiedene Demonstrationen und solche Beobachtungsaufgaben (beispielsweise an Pflanzenkulturen) aus, die sich über längere Zeiträume erstrecken; er hat auch den Nachteil, daß die Präparate durch den Transport nach den einzelnen Klassenzimmern leicht Schaden leiden, und daß zudem Zeitverluste für Lehrer und Schüler entstehen. Das Bedürfnis wird noch zunehmen, wenn der biologische Unterricht sich auch auf die Oberklassen erstrecken wird. (Bei Neubauten, z. B. auch in Berlin, ist bereits diesem Bedürfnis Rechnung getragen.)

11. Ein besonderer und ausreichender Raum für die biologischen Sammlungen, der bisher am vierten Teil selbst der Realanstalten noch fehlt, gehört zu den selbstverständlichen Voraussetzungen des biologischen Unterrichts aller höheren Lehranstalten. Auch liegt es in der Natur der Sache, daß Sammlungs- und Unterrichtszimmer in Verbindung miteinander stehen müssen.

12. Für den biologischen Unterricht wichtige Einrichtungen sind auch Schulgärten und Versuchsbeete. Während der Schulgarten in erster Linie für die Groß- und Mittelstädte unentbehrlich ist, dürfte das Versuchsbeet auch an den in kleineren Städten liegenden Anstalten nicht fehlen.

13. Die Aufstellung von Aquarien, Terrarien und Schaukästen wird auch von seiten der Kommission aufs wärmste empfohlen.

14. Mit der wachsenden Anerkennung des Wertes der praktischen Schülerübungen wird auch die Beschaffung besonders dafür eingerichteter Räume zu einer Notwendigkeit. Während für die chemischen Übungen an Realanstalten bereits vielfach solche Räume vorhanden sind, fehlen sie für die physikalischen Übungen noch fast gänzlich, und sobald biologische Übungen angestellt werden sollen, wird auch für diese ein Raum zur Verfügung stehen müssen.

15. Für die Säuberung und Instandhaltung der Apparate sollte durch Heranziehung einer geeigneten Hilfskraft, womöglich eines in mechanischen Arbeiten geschulten Dieners, Sorge getragen werden. Wo dies nicht zu erreichen, müßte wenigstens in regelmäßigen Zwischenräumen Reinigung und Revision der Apparate durch einen Mechaniker erfolgen; die Kosten dafür müßten, namentlich bei nicht sehr reichlich bemessenem Etat, eigens angewiesen werden. Es ist ohne Frage ein unwürdiger Zustand, daß vielfach dem ältesten Fachlehrer eine Aufgabe zufällt, die von untergeordnetem Hilfspersonal ausgeführt werden kann. Es sei hier darauf hingewiesen, daß an den höheren Lehranstalten Frankreichs dem Fachlehrer längst ein geschulter Diener für diese Zwecke unterstellt ist.

Das Bedürfnis nach einer ständigen Hilfskraft wird noch größer werden, wenn die Schülerübungen allgemein zur Einführung gelangt sein werden (vgl. auch den Meraner Bericht der Kommission).

16. Was Neubauten von Schulgebäuden betrifft, so sollten Vorkehrungen dafür getroffen werden, daß die Anforderungen an die Zahl und Beschaffenheit der Räume insbesondere auch für den naturwissenschaftlichen Unterricht bei der Aufstellung des Bauplans beachtet werden, und daß dem Direktor und den Fachlehrern grundsätzlich eine Mitwirkung hierbei zugewiesen wird. Es ist auch wünschenswert, daß Direktor und Fachlehrer bei der Neuausstattung der Unterrichtsräume rechtzeitig gehört und deren Vorschläge nach Möglichkeit berücksichtigt werden. Es empfiehlt sich nicht, daß die Ausstattung insgesamt von seiten der Bauleitung einer Firma übertragen wird, die ihr Schema in Anwendung bringt, ohne genügend zu beachten, ob dadurch den räumlichen Bedingungen und den Bedürfnissen des Unterrichts entsprochen wird.

Zu wenig beachtet ist bisher bei Neubauten auch die Anbringung einer Plattform auf dem Dache, die für astronomische Beobachtungen geeignet ist, und unter der sich ein Raum zur Aufbewahrung von Instrumenten befindet. Dies wäre zweckmäßiger als die vielfach üblichen, architektonisch wirksamen, aber im übrigen unnützen Kuppeln und Türmchen.

C. Anderweitige Wünsche.

17. Der Einrichtung einer Zentralstelle für den Bezug physikalischer Apparate kann die Kommission nicht beipflichten, da hierdurch der freie Wettbewerb der mechanischen Werkstätten unterbunden und auch die Freiheit des Lehrers bezüglich der Auswahl der Apparate stark beeinträchtigt würde. Wohl aber glaubt sie den Vorschlag der Errichtung eines Museums naturwissenschaftlicher Lehrmittel warm befürworten zu sollen. Der Gedanke, daß ein solches Museum zu gründen sei, ist bereits von dem verewigten Bernhard Schwalbe ausgesprochen worden und verdient auch heute noch die ernstliche Beachtung der maßgebenden Stellen. In einem solchen Museum müßte auch den Lehrern Gelegenheit geboten sein, mit den vorhandenen Apparaten zu arbeiten; die Verwaltung des Museums hätte sich auch mit der Prüfung und Empfehlung von Apparaten zu befassen und Auskunft auf alle einschlägigen Fragen zu erteilen.

18. Die Forderung, daß bezüglich des naturwissenschaftlichen Unterrichts die Versicherung der Schüler gegen Unfälle, namentlich auch angesichts der Bestimmungen des Haftpflichtgesetzes, von seiten des Staats bzw. der Stadtverwaltungen übernommen werde, erscheint besonders auch im Hinblick auf die Gefahren bei Schülerübungen und die möglichen Unfälle bei Exkursionen berechtigt und wird deshalb auch von seiten der Kommission befürwortet.

Zu einer Reihe weiterer Wünsche hat die Kommission nicht Stellung nehmen wollen; sie hat die Wünsche aufgeführt, stellt aber ihre Erörterung und Geltendmachung den nächstbeteiligten Kreisen anheim. *P.*

---

5. Technik und mechanische Praxis.

Eisenbahnmotorwagen mit innerer elektrischer Kraftübertragung. Die elektrischen Bahnen erhalten, abgesehen von vereinzelten Fällen, wo für kurze Strecken Akkumulatoren Anwendung finden, den Strom von außen her durch einen Fahrdraht oder eine dritte Schiene zugeleitet. Das Gegenstück hierzu würden Anordnungen bilden, bei denen das Gefährt selbst die gesamte Anlage für Stromerzeugung und Kraftübertragung mit sich führt. Dies erscheint auf den ersten Blick widersinnig, insofern man meinen sollte, daß die Einschaltung von Dynamomaschine und Elektromotoren eine unnötige Komplikation darstellt. Eine nähere Betrachtung zeigt jedoch, daß dem nicht so ist.

Dampfmotorwagen für Eisenbahnen hat man schon frühzeitig, vor den Dampflokomotiven, gebaut, die letzteren machten dann jene überflüssig, und erst 1849 erscheint wieder ein Dampfmotorwagen von Adams. Von nachhaltiger Wirkung war die Erfindung des Daimler-Motors 1885; damit war eine ganz neue Klasse von Antriebsmaschinen geschaffen, die bei gleicher Leistung erheblich kleiner und leichter als Dampfmaschinen waren, und in der folgenden Zeit rascher Entwickelung der Automobile finden wir 1894 auch einen Eisenbahnmotorwagen Daimlerschen Systems bei der Württembergischen Staatsbahn. Diese Bahn stellte dann 1904 vergleichende Versuche mit Dampf- und Benzinmotorwagen an; bei beiden beliefen sich die jährlichen Betriebs- und Unterhaltungskosten pro Wagen auf dieselbe Summe von rund 4000 M.; dasselbe ergab sich bei Vergleichsversuchen auf der Arad-Csanader Eisenbahn. Die Vorteile des Benzinmotors sind der geringe Raumbedarf, die stete Betriebsbereitschaft, Reinlichkeit und bequeme Bedienung; Nachteile dagegen die engen Grenzen der Leistungsfähigkeit, d. h. die schlechte Anpassung der Leistung einem wechselnden Kraftbedarf gegenüber, die schlechte Geschwindigkeitsregelung durch Wechselradgetriebe, die Nichtumkehrbarkeit der Drehrichtung des Motors, und ferner kann man bei beiden Systemen immer nur eine Achse antreiben, was ungünstig ist. Die Motorwagen sind aber wichtig besonders für den Vorortverkehr großer Städte, den Kleinbahn- und Nachbarorts-

verkehr, wo die Anforderungen an das Leistungsvermögen der Betriebsmittel zu verschiedenen Tageszeiten sehr verschiedene und rasch wechselnde sind.

Der erste, der eine solche „innere" Kraftübertragung anwandte, war Heilmann 1892, dessen mit Dampf betriebene „elektrische Lokomotive", sich aber infolge namentlich ihres sehr großen Gewichtes nicht bewährt hat und sich darum nicht einzuführen vermochte. Benzin-elektrischen Antrieb haben zuerst Lohner in Wien und Krieger in Paris, und zwar für Straßenkraftwagen, angewandt. Die Benzinmotoren vermögen nur bei einer ganz bestimmten Geschwindigkeit, nämlich fast unabhängig von der Motorengröße bei 5 m Kolbengeschwindigkeit, die beste, i. e. günstigste Leistung zu erzielen (vgl. E.T.Z. 1907, S. 195, Fig. 7); läßt man aber durch den Motor eine Dynamomaschine betreiben, welche ihrerseits erst die eigentlichen Antriebsmotoren speist, dann kann man den Benzinmotor dauernd unter günstigsten Verhältnissen laufen lassen und trotzdem die Geschwindigkeit des Wagens durch verschiedene Schaltung der Motoren wie auch Verwendung von Widerständen in weiten Grenzen ändern. Zum Wagenantrieb werden dabei besondere, in die Räder selbst, nämlich in die Naben, eingebaute „Innenpol-Nabenmotoren" verwendet; bei diesen sind der Feldmagnet und die Bürstenhalter auf dem Achsenstumpf angebracht, der Anker dagegen und der Scheibenkommutator in das Rad selbst eingefügt. Die Anwendung dieser Betriebsart bei Eisenbahnselbstfahrern ist noch ziemlich jungen Datums; einer der ersten diesbezüglichen Versuche war der der North-Eastern Railway 1904 mit einem 80 P.S.-Wagen, der auf 2 zweiachsigen Drehgestellen ruhte, von denen das eine angetrieben wurde, und der eine Hauptmaschine für 300÷500 Volt, eine Erregermaschine für 72 Volt und eine Akkumulatorenbatterie zur Wagenbeleuchtnng und zum Anlassen des Motors besitzt. Der 15,85 m lange Wagen konnte 52 Personen fassen.

Die schon oben genannte Arad-Csanader Bahn bestellte nach eingehenden Versuchen mit einem solchen benzin-elektrischen Wagen von De Dien-Bouton im August 1904 nicht weniger als 25 Wagen für 70 P.S. und 27 Wagen für 35 P.S, für welche die Motoren nebst den unmittelbar damit gekuppelten Dynamomaschinen von De Dien-Bouton, die gesamte übrige elektrische Ausrüstung von den Österreichischen Siemens-Schuckert-Werken geliefert wurden. Die großen Wagen enthalten 40 Plätze; sie sind zweiachsig, mit vierzylindrigen Viertaktmotoren für 1100÷1200 Umdrehungen in der Minute, vierpoliger Verbundmaschine von 45 K.W. bei 500÷550 Volt, zwei vierpoligen normalen Straßenbahnmotoren, Luftdruckbremse, Acetylenbeleuchtungseinrichtung und den sonstigen nötigen Hilfsapparaten ausgestattet, der Benzinvorrat beträgt 170 l, die Schmierung, Zündung, Benzin- wie Kühlwasserzuführung erfolgt selbsttätig. Die kleineren Wagen unterscheiden sich von den beschriebenen nur durch die kleineren Benzinmotoren und die entsprechend kleinere elektrische Ausrüstung. Die großen Wagen erreichten vollbesetzt (21,5 t) mit 45 K.W. bei 450÷550 g Benzinverbrauch pro Wagenkilometer 60÷65 km in der Stunde, die kleinen (16 t) mit 20 K.W. bei 350÷420 g 30÷35 km in der Stunde; ein Wagen der ersten Art fuhr in der Zeit vom 2. bis 6. IV. 1906 von Arad über Budapest—Wien—Semmering—Laibach—Mestre nach Mailand zur Ausstellung, mit 50÷60 km in der Stunde in der Ebene, 12÷16 km auf der Bergstrecke. Zu erwähnen ist hier auch eine 70 pferdige, auf Drehgestellen ruhende gasolin-elektrische Lokomotive von Hicks & Co. in Chicago von 11 m Länge und 3 m Breite, welche noch mit einer Akkumulatorenbatterie von 120 Elementen versehen ist; diese soll bei schwacher Beanspruchung sich laden, bei starker dagegen die Dynamomaschine vorübergehend unterstützen, um den Antriebsmotor praktisch jederzeit mit dem günstigsten Mischungsverhältnis bei gleichbleibender Geschwindigkeit benutzen zu können. Auch die Gasmotorenfabrik Deutz hatte bereits 1895 eine petroleum-elektrische Lokomotive von nur 12 P.S. gebaut, die jedoch einen ungünstigen Wirkungsgrad zeigte[1]).

Biegon von Czudnochowski.

[1]) Ausführliches über den Gegenstand siehe E.T.Z. *28*, 194 bis 200, 1907.

Benoid-Luftgas. Es ist seit lange bekannt, daß man, statt einem brennbaren Gase Luft zuzuführen, wie das beim bekannten Bunsenbrenner und dessen Anwendungen zum Gasglühlicht geschieht, auch umgekehrt, indem man der Luft einen flüchtigen Kohlenwasserstoff zuführt, ein gutes Heizgas erhalten kann; man nennt dieses Verfahren „Karburieren" der Luft. Eine derartige Erzeugung von „Luftgas" kommt namentlich überall da, wo es sich um kleine Anlagen handelt, und wo man bisher vielfach Acetylen verwandte, in Frage, besonders da das Acetylen nicht ungefährlich ist und Acetylenanlagen nach ganz besonders peinlichen Vorschriften ausgeführt werden müssen. Ein neueres, besondere Beachtung verdienendes Luftgas ist das von der Firma Thiem & Töwe in Halle verwertete Benoidgas, das in folgender Weise erzeugt wird.

Eine den bekannten Gasuhren ähnliche Vorrichtung, bei welcher jedoch die Kammerwände so gekrümmt sind, daß ein konstantes Drehmoment resultiert, saugt, mechanisch angetrieben, Luft ein und treibt diese durch einen einfachen Trockenapparat in ein vertikal stehendes, von Wasser umgebenes Zickzackrohr von flach rechteckigem Querschnitt. Mit der Achse der erwähnten Saugetrommel ist nun zwangläufig mittels eines kleinen Gestänges ein Schöpfwerk verbunden, welches, in einem dicht verschlossenen Kasten befindlich, aus einem vom Reservoir her stets auf konstantem Niveau gehaltenen Gefäß Hexan (Gasolin) schöpft und dieses oben in das Zickzackrohr hineingießt; auf diese Weise ist eine stets gleiche Zusammensetzung des karburierten Gases gewährleistet, da bei jeder Trommelumdrehung eine ganz bestimmte Menge Hexan zugeführt wird. Die Hexanmenge ist so bemessen, daß in dem Zickzackrohr eine vollkommene Verdampfung eintritt, ohne daß man eine Hexankondensation an kühleren Leitungsstellen zu befürchten hat. Das so bereits fertige Gas gelangt in einen kleinen, über der Saugetrommel aufgebauten, als Druckregler dienenden Gasometer, dessen Glocke in höchster Stellung einen Hebel hebt, der durch ein einfaches Gestänge eine Bremse betätigt, welche die Trommeldrehung hemmt oder ganz verhindert. Der Antrieb geschieht am einfachsten durch Gewichte, ev. können auch Wasser- oder elektrische Motoren verwendet werden. Bemerkenswert ist das Fehlen jeder Heizflamme und die Unnötigkeit einer Regulierung, da der Apparat infolge Betätigung der Bremse von selbst aufhört, Gas zu erzeugen, sobald die letzte Flamme ausgedreht ist, und ebenso selbsttätig mit der Gaserzeugung beginnt, sobald ein Hahn geöffnet wird. Die Füllung des Reservoirs mit Hexan geschieht nicht durch Gießen, sondern mittels Flügelpumpe durch besondere Rohrleitung unmittelbar vom Faß aus. Die Sicherheit gegen Explosionsgefahr ist bei diesen Apparaten somit die denkbar größte, so daß bezüglich ihrer Aufstellung von den Feuerversicherungsgesellschaften besonders erleichterte Bedingungen zugestanden sind. Der Apparat kann in einem völlig dichtschließenden schrankartigen Behälter untergebracht werden, sofern die Füllung nicht 6 kg überschreitet, bedarf weder eines besonderen Gebäudes noch auch nur eines besonderen Raumes. Das Benoidgas ist verwendbar für Beleuchtungszwecke (Gasglühlicht), für Koch- und Heizzwecke — so namentlich auch für Laboratorien zur Speisung von Bunsenbrennern usw. — sowie als Kraftgas zur Speisung von Gasmotoren, wofür ein besonderer Generator hergestellt wird, bei welchem zur Vergasung die Wärme der Auspuffgase benutzt wird und selbsttätig die Brennstoffzufuhr sich dem augenblicklichen Kraftbedarf des Motors anpaßt. Apparate für Leucht- und Heizzwecke werden in 8 Größen für 10 bis 400 Flammen von je 40÷60 HK bei 100 Litern stündlichem Gasverbrauch, die Generatoren in 5 Größen für $^3/_4$ bis 18 P.S. gebaut. Das Benoidgas stellt sich außerordentlich billig: 50 HK kosten die Stunde $1 \div 1^1/_2$ Pfennig, dagegen eine gleichstarke Osramlampe bei einem Preis von 50 Pfennig für das K.W. 2,5 Pfennig. Der beste Beweis für die Brauchbarkeit dieses neuen Luftgases ist, daß die obengenannte Firma binnen 4 Jahren etwa 1400 Anlagen ausgeführt hat, darunter für 30 Bahnhöfe, 30 Krankenhäuser und Sanatorien, über 100 Fabriken und Laboratorien sowie eine Anzahl Zentralanlagen in kleineren Städten und Landgemeinden. *Biegon von Czudnochowski.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Nr. 152. Abhandlungen über Elektrizität und Licht. Von Th. von Grotthuß. Mit einem Bildnis und 5 Textfiguren. Herausgegeben von R. Luther und A. von Öttingen. 199 S. M 3,—. — Nr. 157. Beobachtungen nach einer neuen optischen Methode. Von August Toepler. Herausgegeben von A. Witting. Mit einem Bildnis und 4 Tafeln. 62 S. M 1,50. — Nr. 158. Beobachtungen nach der Schlierenmethode. Von August Toepler. Herausgegeben von A. Witting. Mit 4 Tafeln und 1 Textfigur. 103 S. M 3,—.

Wie vielverheißend die Begabung des schon mit 37 Jahren verstorbenen kurländischen Edelmannes Theodor von Grotthuß war, erkennt man aus den in Nr. 152 vereinigten Abhandlungen. Sie handeln hauptsächlich: über die Zersetzung des Wassers und der in ihm gelösten Körper durch galvanische Elektrizität, über einen neuen Lichtsauger (Chlorophan) nebst Betrachtungen über Phosphoreszenz und Farben, zur Geschichte der Anthrazothionsäure, über die chemische Wirksamkeit des Lichts und der Elektrizität, über Elektrochemie. Neben der berühmtesten Leistung, der Theorie der Elektrolyse, steht eine große Reihe wichtiger Beobachtungen und Gedanken, so, abgesehen von der Elektrochemie, Gedanken über die Natur des weißen Lichts und über die Beziehungen zwischen Licht und Elektrizität, über das photochemische Absorptionsgesetz, das er 24 Jahre vor Draper deutlich ausgesprochen hat u. a. m., zum Teil Entdeckungen, zum Teil geniale Vorhersagungen, die erst in neuester Zeit als berechtigt erkannt worden sind. — Nr. 157 ist zum siebzigsten Geburtstage des hochverdienten Forschers neu herausgegeben. Die Schrift Toeplers war von den Fachzeitschriften zurückgewiesen worden und mußte 1864 als Broschüre erscheinen; sie enthält auf beschränktem Raum die Grundzüge der Schlierenmethode und die ersten damit angestellten Beobachtungen, u. a. die Sichtbarmachung der Schallwellen und Feststellungen über die Wellennatur der sphäroidischen Erscheinungen um den elektrischen Entladungsfunken. Den Schluß bildet ein kurzes, warm geschriebenes Lebensbild. — Nr. 158 enthält die Abhandlungen: über die Methode der Schlierenbeobachtung als mikroskopisches Hilfsmittel, nebst Bemerkungen zur Theorie der schiefen Beleuchtung, und über optische Studien nach der Methode der Schlierenbeobachtung (Pogg. Ann. 1866 und 1867). Letztere umfassen besonders Versuche über die vom elektrischen Funken in Luft erregte Welle, über die Zeitdifferenz der Funkenentladungen in zwei hintereinander befindlichen Luftstrecken, über die Zeitdifferenz zwischen Ladungs- und Entladungsfunken eines isolierten Leiters. In den Anmerkungen macht der Herausgeber einige dankenswerte Bemerkungen zur Geschichte der Schlierenbeobachtungen; diese betreffen einesteils die Prioritätsfrage zwischen Toepler und Foucault, andernteils die Verwertung, die Toeplers Methode besonders bei der Untersuchung der Schallwellen durch Mach, Salcher, Cranz und Koch, Schwinnig, Wood gefunden hat, sowie andere Anwendungen der Methode.

P.

Franz Neumann und sein Wirken als Forscher und Lehrer. Von A. Wangerin. (Die Wissenschaft, Heft 19.) Mit 1 Textfigur und einem Bildnis Neumanns in Heliogravüre. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1907. 185 S. M 5,50, geb. 6,20.

Die Schrift schildert das hervorragende Wirken F. Neumanns an der Königsberger Universität von 1826 bis 1876; sie gibt ferner ein Bild seines äußeren Lebensganges und eine ausführliche Darstellung seiner wissenschaftlichen Leistungen. Von besonderem Interesse für die Leser unserer Zeitschrift werden die am Schluß gemachten Mitteilungen sein über die Bestrebungen Neumanns, ein physikalisches Laboratorium in Königsberg zu errichten. Seit 1829 hat er auf die Notwendigkeit eines solchen hingewiesen; aber erst 1884—1886, lange nach der Emeritierung Neumanns, wurde sein sehnlichster Lebenswunsch erfüllt! *P.*

Über die Stellung der Gegenstandstheorie im System der Wissenschaften. Von A. Meinong. Leipzig 1907, R. Voigtländers Verlag. M 4,80.

Den Natur- und Geisteswissenschaften als Wirklichkeitswissenschaften steht die Mathematik als „daseinsfreie" Wissenschaft gegenüber, d. h. als eine solche, für welche die Wirklichkeit ihrer Objekte nicht maßgebend ist. Die Mathematik umfaßt aber durchaus nicht alle daseinsfreien Gegenstände, solche treten vielmehr teils auch in den Wirklichkeitswissenschaften auf, teils haben sie eine Unterkunft in dem bestehenden Gebäude der Wissenschaft überhaupt nicht gefunden. Die Gegenstandstheorie soll die allgemeine Wissenschaft von den daseinsfreien Gegenständen sein, wie die Metaphysik die allgemeine Daseinswissenschaft ist. Die Erkenntnisart der Gegenstandstheorie ist die apriorische, sofern unter apriorischen Erkenntnissen gegenständlich begründete, notwendige, evident gewisse und daseinsfreie verstanden werden.

Die junge Wissenschaft der Gegenstandstheorie, deren erster bewußter Vertreter wohl A. Meinong ist, wird in der vorliegenden Schrift teils gegen wirklich erfolgte, teils gegen als möglich vorgestellte Einwände wirksam verteidigt. Dabei gilt es vor allen Dingen, die oben behauptete Eigenart der Mathematik gegenüber den namentlich aus der Nicht-Euklidischen Geometrie hergeholten Einwänden sicherzustellen. Für den Mathematiker ist diese Apologie von hohem Interesse; den Physiker werden besonders die Bemerkungen über bezw. gegen das Gedankenexperiment fesseln, die in der Feststellung gipfeln, daß das bloße Denken über eine Sache in der Physik nie das Befragen der Natur überflüssig machen kann, und daß die wirklich wertvollen Gedankenexperimente tatsächlich ihre eigentlichen Wurzeln in Erfahrung und Gedächtnis besitzen. Die Leser der „Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaften" dürften das Buch als willkommene Zugabe zu dem Aufsatze A. Meinongs „Über die Erfahrungsgrundlagen unseres Wissens" (Bd. I, Heft 6) begrüßen.

Keferstein-Hamburg.

Die Philosophie des Monopluralismus. Grundzüge einer analytischen Naturphilosophie und eines ABC der Begriffe im Versuch von Hugo Marcus. Berlin 1907, Concordia Deutsche Verlagsanstalt Hermann Ehbock. 163 S. Preis geh. M 3,—.

An denselben Dingen und Handlungen sind überall Einheit und Vielheit. Die Welt baut sich aus 7 Kategorien auf: Zeit, Raum, Kraft, Stoff, Leben, Teilbarkeit, Bestimmtheit; als Individuen stellen die Dinge Einheiten dieser Vielheit dar. In spezieller Durchführung, die nicht frei von sophistischer Dialektik ist, wird die Einheit-Vielheit allenthalben in der Welt aufgezeigt. Jeder Wandlung der Einheit in die Vielheit entspricht irgendwie die Wandlung einer Vielheit zur Einheit und umgekehrt (Gesetz der wechselseitigen Erhaltung von Einheit und Vielheit). Einheit und Vielheit sind im Grunde dasselbe, nur verschieden betrachtet. Das Nebeneinander des Viel-Einen offenbart sich in verschiedenen Verbundenheits-Wechselwirkungen, -Graden, -Formen. Die infolge ihrer Enge notwendig einheitstrebige Seele vereinheitlicht sich das Viele durch Auswahl des Außergewöhnlichen oder durch Zusammmenfassen des Allgemeingültigen, wobei allerdings häufig Einseitigkeiten unterlaufen.

Als eine Einseitigkeit dürfte sich auch die Konzeption des Monopluralismus selbst enthüllen, wenn seine Stellung zunächst auch infolge der großen Allgemeinheit bezw. Unbestimmtheit des obersten Prinzips, die in einer gewissen Unklarheit der grundlegenden Feststellungen ihre Ergänzung findet, ziemlich sturmfrei, obschon wissenschaftlich-strategisch kaum sonderlich wertvoll erscheint. Der Monopluralismus ist eine Kompromißphilosophie, die den Streit der Systeme und Theorien schlichtet, indem sie jedes und jede als einseitig kennzeichnet und nur in der Vereinigung aller die Wahrheit findet.

Eine eigentliche Naturphilosophie enthält das Buch im Widerspruch mit seinem Untertitel nicht; einzelne verstreute Äußerungen über Mathematisches und Physikalisches, namentlich aber der schwindelerregende Abschnitt über die Verbundenheitsformen lassen den Verzicht des Verfassers auf eine zusammenhängende Bearbeitung dieses Gebietes als dankenswerte Entsagung erscheinen.

Keferstein-Hamburg.

Drahtlose Telephonie. Von Ernst Ruhmer. Im Selbstverlage des Verfassers. 152 S., 139 Abb. im Text. Geh. M 6,—.

Dies ist eine mit großem Fleiße ausgearbeitete sehr vollständige Darstellung der bisherigen Versuche und Erfolge auf dem in Rede stehenden Gebiet. Die Schrift zerfällt in zwei Teile, deren erster das Selen und die Selenzellen, die Radiophonie und Photophonie einschließlich der Lichttelephonie mittelst Scheinwerfers und sprechenden Lichtbogens betrifft, während im zweiten Teile die drahtlose Telephonie mittelst elektrischer Kräfte, d. h. Hydrotelephonie, Induktionstelephonie und Wellentelephonie, behandelt sind; eine Literaturzusammenstellung wie Namen- und Sachregister bilden den Beschluß. Die Darstellung ist klar und übersichtlich; der Verf. hat sich trotz seiner eigenen einschlägigen Tätigkeit möglichster Objektivität befleißigt, er hat die technische und wissenschaftliche wie Patentliteratur in weitgehender Weise berücksichtigt und führt jeweils die betr. Quellen an; auch die den einzelnen Methoden und Versuchen zugrunde liegenden physikalischen Vorgänge sind, wenn auch oft nur kurz, in den Kreis der Betrachtung gezogen. Über die Sensibilisierung der Selenzellen hätte wohl Näheres mitgeteilt werden können. Als eigentlicher Erfinder des Telephons ist doch Ph. Reis, nicht Bell anzusehen. In der Literaturzusammenstellung wäre vollständige Titelangabe wie Seitenzahl erwünscht. Die vorliegende Schrift, durchaus frei von Phantastereien, kann als für weite Kreise von Interesse bezeichnet und der Beachtung der Leser dieser Zeitschrift empfohlen werden, nur erscheint selbst angesichts der sorgfältigen Ausstattung der Preis etwas hoch.

Biegon von Czudnochowski.

Die Telegraphie ohne Draht. Von A. Righi und B. Dessau. 2. Auflage. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1907. XIV und 665 Seiten, 312 Abb. im Text. Geh. M 15,—, geb. M 16,50.

Die vorliegende Auflage unterscheidet sich von der s. Z. hier (*XVI 247; 1903*) besprochenen ersten rein äußerlich durch den erheblich (um 184 S.) größeren Umfang; inhaltlich haben manche Veränderungen stattgefunden, welche durch die Entwickelung des Gebietes in den letzten Jahren bedingt wurden. So ist im ersten Teile, den Kathodenstrahlen ein besonderer § gewidmet, die Elektronentheorie in einem neu hinzugefügten besonderen Kapitel behandelt. Im zweiten Teil (Elektromagnetische Wellen) sind zwei neue Kapitel über den „elektrolytischen Wellenanzeiger“ und den „Magnetdetektor“ bemerkenswert, im dritten Teile (Die elektrische Telegraphie ohne Draht) die §§ über „Erzeugung von Wellen großer Intensität“, die „Grundlagen der abgestimmten Telegraphie“, die „Wellenmesser“ sowie über „neuere Systeme abgestimmter Telegraphie“ von Fessenden u. a., endlich über „gerichtete drahtlose Telegraphie“. Der vierte Teil ist wenig verändert; ein „Anhang“ bringt die deutsche „Vorschrift f. d. Gebr. d. Funkentelegraphie im öffentlichen Verkehr“ vom 1. April 1905 sowie den „Internationalen Radiotelegraphenvertrag“ vom 3. Nov. 1906, ein Nachtrag, leider ohne jede Illustrierung, einiges über die „Telegraphie mit ungedämpften Wellen“ nach Poulsen u. a. Im Einzelnen ist vieles früher Erwähnte inzwischen als unwesentlich Erwiesene fortgeblieben. Die Illustrierung ist im allgemeinen gut, nur wäre mancher Fig. etwas mehr Körperlichkeit durch geeignete Schraffur zu wünschen; ganz schlecht, weil sachlich unrichtig und in der Darstellung verfehlt, ist Fig. 165. Dem früher gerügten Mangel eines Sach-Registers ist jetzt abgeholfen, doch ist dasselbe, wie das Fehlen einer ganzen Anzahl von wichtigen Stichworten zeigt, recht unvollständig und würde auch besser mit dem Namen-Register vereinigt. Bemerkt sei noch, daß es Rühmkorff heißt. Trotz der vorstehenden Ausstellungen ist das Buch auch in seiner neuen Gestalt als wertvoll zu bezeichnen und ihm weiterer Erfolg zu wünschen. *Biegon von Czudnochowski.*

Die Knabenhandarbeit in der heutigen Erziehung. (Aus Natur und Geisteswelt.) Von A. Pabst. B. G. Teubner 1907. 118 S. geb. M 1,25.

Für die Notwendigkeit praktischer Schülerübungen eine Lanze zu brechen, liegt an dieser Stelle wohl kaum noch ein Bedürfnis vor, trotzdem dürfte es nicht überflüssig sein, auf eine Schrift hinzuweisen, die, aus berufener Feder hervorgegangen (Verf. ist Direktor des Lehrerseminars für Knabenhandarbeit in Leipzig), das Thema Knabenhandarbeit im weiteren Sinne — für Volksschule, Seminar und höhere Schulen — mit überzeugender Wärme behandelt. Der Verf. stellt sich die Aufgabe, die Bedeutung der Handtätigkeit für die geistige Entwickelung nachzuweisen, den erzieherischen und sozialen Wert des Handfertigkeits-Unterrichts aufzudecken, seine historische Entwickelung zu schildern und seine Stellung im Unterricht anderer Länder mit unsern heimischen Verhältnissen aus eigner Anschauung zu vergleichen. Der Vergleich fällt nicht überall zu unsern Gunsten aus. Nicht das Wissen ist Macht, sondern es wird erst zur Macht im Dienst des Wollens und Könnens — dieser Ausspruch H. St. Chamberlains könnte dem betreffenden Kapitel als Motto vorangestellt werden; es ist gewiß kein Zufall, daß sich der Handfertigkeits-Unterricht in Amerika einer besonderen Wertschätzung erfreut, vielmehr steht diese Tatsache im engsten Zusammenhang mit den Grundzügen der amerikanischen Volksanschauung, die am Menschen besonders die Willenskraft und die Arbeitsfreudigkeit schätzt. — Auch die Handfertigkeit im Dienst des naturwissenschaftlichen Unterrichts an höheren Schulen hat in dem Buche die gebührende Berücksichtigung gefunden. Auf die klare Darlegung der physio-psychologischen Grundlagen des höheren Unterrichts überhaupt möge noch besonders hingewiesen werden. *O. Gerlach, Kiel.*

Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie in zwei Bänden. Von Dr. F. P. Treadwell, Professor der analytischen Chemie am Eidgenössischen Polytechnikum Zürich. II. Band: Quantitative Analyse. Mit 109 Abbildungen im Text und 2 Tabellen im Anhang. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage (Doppelauflage). Leipzig und Wien, Franz Deuticke, 1907. XII und 636 S. Brosch. M 11,—.

Der „Quantitative Treadwell“ ist schon mehrfach (diese Zeitschr. *XVI 316* und *XIX 52*) besprochen worden, so daß es genügt anzugeben, daß wieder nach zwei Jahren eine neue Auflage nötig geworden ist, die wieder an Inhalt und Umfang gewachsen ist. Einige sehr gute elektroanalytische Methoden sind neu aufgenommen, das einleitende Kapitel der Maßanalyse ist umgestaltet und verbessert worden. Es wäre sehr zu wünschen, daß die Angaben über die Löslichkeit der sogenannten „unlöslichen Niederschläge“ einer vollständigen Revision unterzogen würden. Der Verfasser bringt meist die alten, nach chemischen Methoden gewonnenen Zahlen von Fresenius, während die aus Angaben der Leitfähigkeit und der Spannungen von Konzentrationselementen abge-

leiteten unbedingt sicherer sind. So hat sich die chemisch bestimmte Löslichkeit des Baryumsulfates gegen die vorige Auflage auf ca. $^1/_3$ reduziert! Die Angabe: 344 000 Teile Wasser lösen 1 Teil $BaSO_4$ erweckt mit ihren drei Zahlen eine falsche Vorstellung von der Genauigkeit der Angabe, besonders da bei jenen schwerlöslichen Körpern — mit großer Fällungswärme — die Löslichkeit kolossal von der Temperatur abhängt. Der gleiche Einwand gilt für alle „unlöslichen" Salze.

Der Verf. wartet nicht die Fundamentalrevision der internationalen Atomgewichts-Tabelle ab, sondern antezipiert für Stickstoff den modernen Wert 14,01. Es ist die Frage, ob nicht die alten Stasschen Werte, auch wenn sie in der zweiten Dezimale durchweg falsch sind, ein Ganzes bilden, das keine teilweise Rekonstruktion zuläßt.

Trotz der beiden Einwände bleibt der Treadwell nach wie vor das empfehlenswerteste Buch über analytische Chemie. *W. Roth, Greifswald.*

Chemisch-mineralogischer Kursus. Leitfaden der Chemie und Mineralogie für Gymnasien, Realschulen und andere höhere Lehranstalten. Methodisch bearbeitet von Otto Ohmann, Prof. am Dorotheenstädt. Realgymnasium in Berlin. 4., die neueren Anschauungen berücksichtigende Aufl. Mit 147 Fig. und 1 Spektraltafel. Berlin 1907. Winckelmann & Söhne. VIII u. 191 S. In Leinw. geb. M 2,20.

Der dritten Auflage des in dieser Zeitschrift (*III 49, X 318, XVIII 60*) ausführlich besprochenen Buches ist rasch die vierte gefolgt. Sie unterscheidet sich von der vorhergehenden durch eine eingehendere Berücksichtigung der „neueren Anschauungen". Zunächst ist im Anschluß an das chemische Gewichtsgesetz der Molbegriff eingeführt worden; er findet später vielfach zweckmäßige Anwendung, beispielsweise zur Raumvergleichung der in Würfelform dargestellten molaren Mengen von nichtluftförmigen und luftförmigen Verbindungen, wobei sich das Volumgesetz gasförmiger Stoffe in sehr anschaulicher Weise ergibt. Mit großer Sorgfalt wird ferner die Theorie der Lösungen und Ionen hergeleitet. Die als Ausgangspunkt gewählten Versuche sind in der Hauptsache Siedepunktsbestimmungen von Rohrzuckerlösungen, sowohl vor als nach der Inversion; sie führen im Verein mit Betrachtungen über Gefrierpunktserniedrigungen und osmotischen Druck zu den Lösungsgesetzen für Nichtelektrolyte; weiterhin folgen Untersuchungen über die abweichenden Erscheinungen bei den Elektrolyten, die schließlich ihre Erklärung in der Arrheniusschen Dissoziationstheorie finden. Sehr nützliche Winke für die Ausführung der hier vorgeschlagenen sowie anderer Versuche finden sich in dem sehr lesenswerten Schlußkapitel des Buches (S. 181 ff.). Der Wert der neugewonnenen Anschauungen zeigt sich im Folgenden an vielen Stellen; insbesondere dienen sie zur Erklärung der gemeinsamen Hydroxylreaktion bei den Basen und der gemeinsamen Wasserstoffreaktion bei den Säuren; auch finden sie bei den allgemeinen Erörterungen über die Elektrolyse Anwendung und Erweiterung. Der Weg des Verf. zur Entwickelung der Ionenanschauungen ist — wie man sieht — entgegengesetzt dem von Wilhelm Ostwald (vgl. die Grundlinien der Anorg. Chemie); er geht von der physikalischen Chemie aus, während Ostwald mit den Reaktionserscheinungen an den „Salzen im weiteren Sinne", d. h. mit rein chemischen Tatsachen beginnt. Dies dürfte zunächst befremden; wer sich aber in das Verfahren des vorliegenden Leitfadens vertieft, wird zugeben müssen, daß es sich durch Folgerichtigkeit auszeichnet, dem Standpunkte des Schülers angemessen ist und viel Licht über die wichtigsten chemischen Erscheinungen verbreitet. Allerdings sind die Gesetze der Lösungen nicht immer glücklich gefaßt. So heißt es S. 112: „Lösungen, die in gleichen Mengen Wasser gleichmolare Mengen irgend welcher nichtelektrolytischen Stoffe enthalten, rufen alle dieselbe Siedepunktserhöhung hervor"; es hieße wohl besser „die gelösten Stoffe erhöhen den Siedepunkt des Lösungsmittels" usw. (ähnlich bei dem Gesetz der Gefrierpunktserniedrigung). Bei der Angabe, man hat „bis jetzt 78 Elemente aufgefunden" (S. 17 und 176) wird man ferner einen kurzen Hinweis auf die große Zahl der radioaktiven Elemente vermissen. — Mit Rücksicht auf den Gebrauch in der Schule ist noch lobend zu erwähnen, daß der Verf. das Neuhinzugekommene sorgfältig derart eingefügt und auch äußerlich gekennzeichnet hat, daß derjenige, der das Buch lieber in der bisherigen Gestalt weiter benutzen möchte, von den Neuerungen absehen kann. Doch wird dies hoffentlich nur ausnahmsweise geschehen; denn das treffliche Buch verdient in der jetzigen Form in noch höherem Grade wie früher „als eine der durchdachtesten und klarsten Veröffentlichungen auf dem Gebiete des chemischen Unterrichts" bezeichnet zu werden. *J. Schiff.*

Kurze Anleitung zur chemischen Untersuchung von Rohstoffen und Produkten der landwirtschaftlichen Gewerbe und der Fettindustrie. Von W. Kalmann. Zweite Auflage. Leipzig und Wien, F. Deuticke, 1906. 153 S. M 4,—.

Das Buch ist in erster Linie für den praktischen Analytiker in dem durch den Titel angedeuteten Umfang bestimmt; aber auch der Lehrer der Chemie an höheren Unterrichtsanstalten wird

namentlich in den Abschnitten über Zucker, Stärkemehl, Alkohol, Fette und Milch manches Beachtenswerte finden. — In der vorliegenden zweiten Auflage sind außer einigen inzwischen international vereinbarten Untersuchungsmethoden die Kapitel über Brennmaterialien und Milch neu hinzugekommen. Auf Seite 128 unten muß es, wie auch aus dem Folgenden leicht ersichtlich, heißen: „Man versteht unter Reichert-Meißlscher Zahl die ccm n/10 Lauge, welche zur Absättigung der mit Wasserdampf flüchtigen Säuren aus 5 g Butterfett erforderlich sind." *Krause.*

Lehrbuch für den chemisch-mineralogischen Unterricht auf Realschulen und Gymnasien. Von Prof. Dr. W. H. Schultze. 2. verb. Aufl. 93 Abbild. Hannover, O. Goedel, 1906. 159 S. M 2,—.

Der methodisch-systematische Aufbau der ersten Auflage (vergl. d. Z. *VIII 382*) ist beibehalten worden. Außer durch einige Verbesserungen und Zusätze — Magnesium, Zinn und Nickel sind hinzugekommen, eine Übersicht der geologischen Formationen und der Gesteine ist angefügt, die Kohlenwasserstoffe sind ausführlicher besprochen worden — unterscheidet sich die neue Auflage besonders dadurch, daß durch verschiedenen Druck des mineralogischen und chemischen Teils es ermöglicht worden ist beide getrennt zu gebrauchen. In besonderen, den einzelnen Seiten unter dem Strich angefügten Abschnitten sind einige, für das tägliche Leben wichtige Erscheinungen aus der organischen Chemie, aus der Physiologie und der Geologie hervorgehoben worden. — Die Methode des Verfassers bietet jedenfalls einen von den vielen Wegen, die nach Rom führen; Referent möchte nur den Wunsch ausdrücken, daß der methodischen Behandlung nicht so schwer zu verwirklichende Versuche zugrunde gelegt werden möchten wie etwa in § 25: Wägung von Natrium und Chlor, die durch Elektrolyse von geschmolzenem Kochsalz erhalten wurden, oder in § 26: „Ein darauf (d. h. auf wäßrige Salzsäure) geworfenes Stückchen Natrium verschwindet, ohne daß — wie nachgewiesen werden kann — die Wassermenge sich ändert." Die zahlreichen auf die Versuche vorbereitenden Fragen sind manchmal, selbst im Zusammenhange, schwer zu beantworten, z. B. aus § 34: „Welche Verbindungen werden nicht lange bestehen, wenn man bedenkt, daß die meisten Grundstoffe Metalle sind?" Wenig befriedigend sind die Erörterungen über Verbindungsgewicht (= Atomgewicht) und Molekulargewicht. Sollte es auf der Unterstufe nicht besser sein, auf eine Herleitung dieser Begriffe ganz zu verzichten und nach der Durchnahme des Erfahrungsgesetzes der konstanten Verbindungen eine Tabelle der angenommenen Atomgewichte zu geben. Einige der in den §§ 15, 106 und 110 hervorgehobenen Sätze sind unrichtig oder beruhen auf Zirkelschlüssen. Die ziemlich zahlreichen sachlichen Irrtümer und Versehen, die dem Referenten beim Durchlesen des Buches außerdem aufgefallen sind, werden wohl beim praktischen Gebrauch desselben leicht bemerkt und bei einer nächsten Auflage vermieden werden können. *Krause.*

Lehrbuch der Nahrungsmittelchemie. Von Prof. Dr. Röttger, Dir. der Königl. Untersuchungsanstalt für Nahrungs- und Genußmittel zu Würzburg. 3. Aufl. Mit 22 Abb. u. 1 Taf. Leipzig, J. A. Barth, 1907. XIV u. 898 S. M 16,—; geb. M 17,—.

Das vielseitige Buch gibt in der neuen, stark erweiterten Auflage eine sorgfältig gearbeitete, reichhaltige Übersicht über „die Ernährung" (S. 1—84) und „die Nahrungsmittel", die sich in animalische, pflanzliche und Genußmittel gliedern, denen wiederum das Wasser und die Luft (S. 749 bis 816) angeschlossen werden. Die Ernährung hat eine vorzügliche Darstellung gefunden, die neueren Arbeiten über die Bedeutung der stickstofffreien Nahrungsmittel für die Muskeltätigkeit sind voll berücksichtigt. Beim Alkohol hätten wir eine festere Stellungnahme gewünscht. Die alkoholischen Getränke, besonders Bier und Wein, haben zwar eine außerordentlich eingehende Behandlung erfahren (S. 516—708), doch ist andererseits die Kennzeichnung der physiologischen Bedeutung des Alkohols zu kurz (S. 77, noch nicht 1 Seite); sie entspricht auch nicht der noch immer enormen Verbreitung des Alkoholgenusses. Hier wäre eine Berücksichtigung der neueren, den Alkohol als Nahrungsmittel negierenden Forschungsergebnisse sehr am Platze gewesen. Die Nahrungsmittel selbst haben eine ungemein sorgsame Bearbeitung erfahren, doch könnte der Wert des Buches durch Hinzufügung der bewährten farbigen Tafeln, welche den Gehalt an einzelnen Stoffen unmittelbar abzulesen gestatten, noch erhöht werden. Rühmend hervorzuheben sind noch die weitgehenden Literaturnachweise sowie die sorgfältige Bearbeitung der Register, welch letzteres sich leider von sehr vielen Lehrbüchern nicht sagen läßt. Das inhaltreiche Buch kann sicher für viele Zwecke ein größeres Handbuch ersetzen, es seien daher auch die Bibliotheksvorstände der Realanstalten auf dasselbe hingewiesen. *O.*

Programm-Abhandlungen.

Wissenschaft und Wirklichkeit in Kantischer Auffassung. Von Dr. Hans Drexler. Beilage zum 36. Jahresbericht des Königl. Gymnasiums zu Kattowitz. Ostern 1907. Pr.-Nr. 239.

Nach dem Verfasser ist die Trennung des erkennenden Subjekts in ein transzendentales und ein empirisches Ich der Angelpunkt des Kantischen Systems. Das erste ist apriorischen (rationalen) Wissens fähig, das zweite vermittelt die empirische Erkenntnis der Wirklichkeit. Die Erkennbarkeit der Natur ist auch vom transzendentalen Standpunkte aus verständlich, für ihn liegt das Wesen der Dinge klar vor Augen; die tatsächliche Untersuchung der Gesetzmäßigkeit der Natur aber kann nur durch das empirische Ich geschehen, und es bleibt daher stets eine Inkongruenz zwischen Vorstellung und vorgestelltem Gegenstand bestehen.

Leider wird nicht mitgeteilt, auf welche Stellen der Kritik der reinen Vernunft sich diese Interpretation der Kantischen Lehre stützt. Dem großen Zusammenhange der Kantischen Gedankenreihen gemäß hat man einen reinen Teil der Naturlehre, in dem a priori erkannt wird, von einem empirischen zu unterscheiden, in dem Beobachtung und Versuch zu Ergebnissen führen; beide Erkenntnisweisen sind dem empirischen Ich vorbehalten, das doch der Träger auch der Kategorien ist. Ein völliges Durchschauen der Wirklichkeit ist deshalb nicht möglich, weil uns die Materie der Empfindung, auf die alles Wissen über die Wirklichkeit zurückgeht, als ein Gegebenes gegenübersteht.

Keferstein-Hamburg.

Die optische Verwandtschaft in projektiver Darstellung. Von Rudolf Böger. Realgymnasium des Johanneums. Hamburg 1907. Pr.-Nr. 915.

Die allgemeinen Sätze über die Lagen- und Größenverhältnisse optischer Bilder, Brennpunkte, Brennweiten u. s. w. lassen sich bekanntlich infolge der Identität optischer und kollinearer Verwandtschaft ganz unabhängig von den physikalischen Bedingungen ihres Entstehens als Ausdruck mathematisch notwendiger Beziehungen ableiten. Der durch seine Arbeiten auf dem Gebiete der Geometrie der Lage wohlbekannte Verfasser vorliegender Abhandlung hat versucht, diese Tatsache auch für den Schulunterricht nutzbar zu machen. Die allgemeine Überführung dieses Versuchs in die Praxis dürfte schwerlich möglich sein. Von vielen Lehrenden aber wird Bögers Arbeit, die vom synthetischen Standpunkte aus in die moderne wissenschaftliche Auffassung der geometrischen Optik einführt, als eine willkommene Ergänzung der in Czapskis Grundzügen der Theorie der optischen Instrumente gegebenen analytischen Darstellung begrüßt werden.

Keferstein-Hamburg.

Versammlungen und Vereine.

79. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Dresden.

Vom 15. bis 21. September 1907.

In der allgemeinen Sitzung am 16. September erstatteten die Herren Gutzmer (Halle) und Klein (Göttingen) den Bericht der Unterrichtskommission. Herr Gutzmer erinnerte noch einmal daran, daß die Vorschläge der Kommission der klareren und einfacheren Übersicht wegen in erster Linie auf die preußischen Verhältnisse zugeschnitten seien. Er besprach dann zunächst das Ergebnis der Fragebogen, die im Jahre 1906 an die höheren Lehranstalten Preußens versandt worden sind, und die die Einrichtungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht zum Gegenstande hatten. Genaueres hierüber ist an anderer Stelle mitgeteilt. Der Vortragende betonte, daß mit der Zusammenstellung der lautgewordenen Wünsche, soweit sie ihr wesentlich schienen und in den Rahmen ihrer Aufgabe gehörten, die Kommission sich nicht etwa zum Wortführer übertriebener Wünsche der Fachlehrer gemacht, sondern zur Förderung des Unterrichts beigetragen habe. Die zweite von der Kommission in Angriff genommene Frage betrifft die Ausbildung der mathematischen und naturwissenschaftlichen Lehrer, worüber der zweite Redner ausführlicher berichtet. In betreff der Aufnahme, die die früheren Vorschläge der Kommission gefunden haben, sprach Herr Gutzmer die Überzeugung aus, daß die Kommission sich auf der mittleren Linie bewegt habe und allem Extremen ferngeblieben sei. Die von einzelnen Seiten gemachten Vorwürfe — nämlich einesteils, daß die Forderungen der Kommission nicht weit genug gegangen, und anderenteils, daß sie Verstiegenheiten enthielten — höben sich gegenseitig auf. Auch seien bereits erfreuliche Erfolge zu verzeichnen, namentlich in Baden, Württemberg und Bayern; auch in Sachsen sei die Bewegung in lebhaftem Gange, und namentlich dürfe man den Ergebnissen der „Gabelung“ des Unterrichts mit Spannung entgegensehen. In der Gabelung liege auch die Möglichkeit, die innerhalb der Kommission vorhandene Meinungsverschiedenheit betreffs des naturwissenschaftlichen Unterrichts an den Gymnasien auszugleichen. In Preußen befindet sich die Reform ebenfalls auf gutem Wege (vgl. weiter unten). Der

Vortragende machte noch die Mitteilung, daß die Absicht bestehe, nach Auflösung der Kommission einen Unterrichts-Ausschuß ins Leben zu rufen, der aus Vertretern einer größeren Anzahl wissenschaftlicher Gesellschaften bestehen und die Arbeit der Kommission weiterführen soll.

Herr KLEIN sprach darauf über die Vorschläge der Kommission bezüglich der wissenschaftlichen Ausbildung der Lehramtskandidaten für Mathematik und Naturwissenschaften. Er setzte ein mit der Frage, ob die Lehramtskandidaten der Mathematik, Physik und Chemie auch an der technischen Hochschule sollen ihre volle Ausbildung finden können. Er deutete die Schwierigkeiten an, die mit der Beantwortung dieser Frage verknüpft seien und der Kommission eine gewisse Zurückhaltung auferlegten; doch habe die Kommission den Wunsch ausgesprochen, daß an der technischen Hochschule in Danzig Versuche in der bezeichneten Richtung angestellt werden möchten. Als zentral bezeichnet der Vortragende dann die Frage, wie sich die Ansprüche, welche die Schule an die wissenschaftliche Vorbildung der Lehrer stellt, mit der tatsächlichen Ausbildung unserer Studierenden an der Universität ins Gleichgewicht setzen sollen. Auf seiten der Universität sei die Entwicklung immer mehr in der Richtung auf weitgehende Spezialisierung vorgeschritten, an der Schule dagegen sei das Bedürfnis nach einer gewissen Breite der Ausbildung vorhanden und zugleich doch die Notwendigkeit festzuhalten, daß der Lehrer nur in solchen Gebieten unterrichte, deren wissenschaftliche Grundlagen er völlig beherrsche. Pflicht der Universität sei es, für eine brauchbare wissenschaftliche Substruktion der künftigen Berufstätigkeit Sorge zu tragen. Die Kommission empfiehlt zu diesem Zwecke zunächst die Scheidung in zwei Gruppen, eine mathematisch-physikalische und eine chemisch-biologische. Sie will ferner die generellen Studien für diese Gebiete, soweit sie den Zwecken des Lehrberufs unmittelbar dienen, auf sechs Semester beschränken und den übrigen Teil der Studienzeit den Spezialstudien vorbehalten wissen. [Weitere Einzelheiten werden an anderer Stelle zur Sprache kommen.] Der Vortragende sprach endlich seine Zuversicht aus, daß es möglich sein werde, auch mit den Vertretern der übrigen Unterrichtsfächer an den höheren Schulen zur Verständigung zu kommen, und machte Mitteilung von seiner Absicht, auf der Philologenversammlung in Basel zugleich mit hervorragenden Vertretern der sprachlichen, historischen und ethischen Fächer die Hochschulvorbildung zu erörtern. [Dem Vernehmen nach haben auch dort die Ausführungen des Vortragenden die Zustimmung der Versammlung in Form einer Resolution gefunden.]

Aus dem Bericht über die Einrichtungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht an den höheren Schulen Preußens sind die wichtigsten Resultate in diesem Heft an anderer Stelle (S. 401) mitgeteilt. —

In den allgemeinen Versammlungen sind folgende Vorträge gehalten worden: W. HEMPEL (Dresden): Die Behandlung der Milch. — HOCHE (Freiburg): Moderne Analyse psychischer Erscheinungen. — H. HERGESELL (Straßburg i. E.): Die Eroberung des Luftmeeres. — O. ZUR STRASSEN (Leipzig): Die neuere Tierpsychologie. — M. WOLFF (Heidelberg): Die Milchstraße. — R. HESSE (Tübingen): Über das Sehen der niederen Tiere. — L. HEINE (Greifswald): Über das Sehen der Wirbeltiere und der Kopffüßer. — Ferner in einer Sitzung der naturwissenschaftlichen Hauptgruppe: WIECHERT (Göttingen): Die Hilfsmittel der Erdbebenforschung und ihre Resultate für die Geophysik. — FRECH (Breslau): Die Erdbeben in ihrer Beziehung zum Aufbau der Erdrinde. — KLAATSCH (Breslau): Meine Fahrten zu den Ureinwohnern Nordaustraliens in den Jahren 1904 bis 1906.

In der Abteilung für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht sprachen: DANNEBERG (Dresden): Über die Verwendung des Zinksulfidschirmes zur Schuldemonstration ultravioletter und ultraroter Strahlung und als Röntgenschirm mit klarem Nachbild. — REBENSTORFF (Dresden): Über Gase und Dämpfe (mit Versuchen). — WITTING (Dresden): Über Beiträge zur Geschichte des mathematischen Unterrichts in den Oberklassen der sächsischen Gymnasien seit 1900. — LOREY (Görlitz): Über Privatstudien und Bewegungsfreiheit im mathematischen Unterricht der oberen Klassen der höheren Schulen. — WEINBERG (Leitmeritz): Über den modernen naturwissenschaftlichen Unterricht an den Mittelschulen und die Erziehung der Jugend zur Gesundheit. — MÜLLER (Teplitz): Über die Einrichtung naturhistorischer Kabinette und zur Frage der Überbürdung. — SCHEFFER (Berlin-Wilmersdorf): Über Unterricht in der angewandten wissenschaftlichen Photographie. — DRESSLER (Dresden): Über Modelle zum mathematischen Unterricht.

In der Abteilung für Physik (nebst Instrumentenkunde und wissenschaftlicher Photographie) sind 42 Vorträge gehalten worden, in der Abteilung für angewandte Mathematik und Physik 10 Vorträge, in der Abteilung für Chemie 35 Vorträge.

Über die Vorträge der physikalischen Abteilung erscheinen ausführliche Berichte in den „Verhandlungen der Deutschen physikalischen Gesellschaft“ und in der „Physikalischen Zeitschrift“, auf die wir hiermit verweisen. Einige der bemerkenswertesten unter ihnen werden in den Berichten über „Forschungen und Ergebnisse“ in dieser Zeitschrift Berücksichtigung finden. *P.*

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts zu Berlin.

Sitzung am 19. Januar 1906. Herr W. Bahrdt sprach über einige messende Versuche aus der Lehre vom Magnetismus, der Elektrizität und der Wärme. Er zeigte eine einfache, aus einer Packnadel hergestellte magnetische Wage und wies damit das Coulombsche Gesetz nach. In ähnlicher Weise wurden die Polstärke einer Magnetnadel, die Feldstärke eines Elektromagneten, die Horizontalintensität des Erdmagnetismus bestimmt und das Biot-Savartsche Gesetz experimentell erläutert. Der Vortragende machte die Ausdehnung zweier erwärmter Metallstäbe durch Projektion sichtbar (ds. Zeitschr. *XIX 16*) und gab eine Bestimmung des linearen Ausdehnungskoeffizienten. — Herr Volkmann zeigte zwei neue Muffen für die Verbindung von Stativen.

Sitzung am 16. Februar 1906. Herr Stahlberg erläuterte ein von Plath in Hamburg gearbeitetes Demonstrationsmodell eines Sextanten sowie ein von ihm selbst konstruiertes ähnliches Instrument. — Herr Körber zeigte einige neue Hilfsmittel für den Unterricht in der mathematischen Geographie: einen Sonnenzeiger von Prof. Schmidt in Wien, einen von dem Vortragenden konstruierten Transformator für sphärische Koordinaten und einen Sonnenstandsmesser von Willichs.

Sitzung am 30. März 1906. Herr Poske sprach über die Vorschläge der Unterrichtskommission zur Reform des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts an Reformanstalten, Realschulen, Volksschulen und Lehrerseminaren sowie zur Umgestaltung des Hochschulunterrichts im besonderen für die Ausbildung in der Physik. An den Bericht schloß sich eine eingehende Diskussion.

Sitzung am 11. Mai 1906. Herr Schacht demonstrierte die Druckverhältnisse bei Gasströmen. Vgl. d. Ztschr. *XIX, 345.* — Derselbe zeigte einen elektrischen Apparat, mit dem sich die mechanische Energie eines Induktionsstromes beobachten und messen läßt, und der auch zur Demonstration der Anziehung und Abstoßung von Stromkreisen geeignet ist.

Sitzung am 8. Juni 1906. Herr Volkmann sprach über Spektra und Beugungsversuche in objektiver Darstellung. Er demonstrierte Beugungserscheinungen durch Lykopodium, Spektra mit Prismen von Zimtäthyl, gab eine objektive Darstellung der Umkehrung der Natriumlinie, zeigte die Vereinigung der Spektralfarben zu weißem Licht und die Wirkung einzelner Farben auf gefärbte Papierstreifen; er demonstrierte die thermische Wirkung der ultraroten Strahlen, das Spektrum einer 8-voltigen Glühlampe, Linienspektra mit einer Bogenlampe und zeigte die an der Schattengrenze auftretende Beugung. — Derselbe zeigte Asbestwiderstände und Widerstandsbänder von C. Schniewindt. — Herr Spies (Posen) demonstrierte einen Apparat zur Veranschaulichung der Abbeschen Theorie der sekundären Abbildung nach Winkelmann.

Sitzung am 21. September 1906. Herr Poske sprach über die von Gutzmer auf der Naturforscherversammlung in Stuttgart mitgeteilten Vorschläge der Unterrichtskommission der Naturforscher und Ärzte in bezug auf den naturwissenschaftlichen Unterricht der verschiedenen Schulgattungen.

Sitzung am 26. Oktober 1906. Herr Volkmann sprach über Lichtbeugung und Interferenzerscheinungen in objektiver Darstellung. Er projizierte die Newtonschen Ringe und die Brewsterschen Streifen und zeigte in drei verschiedenen Anordnungen den Fresnelschen Spiegelversuch. Er demonstrierte den Grimaldischen Versuch und ein mit der Kopie eines Rowlandschen Gitters erzeugtes Spektrum und zeigte verschiedene Beugungsversuche.

Sitzung am 9. November 1906. Herr Heyne sprach über Fragen der Verwaltung naturwissenschaftlicher Sammlungen und gab hierzu einige besonders für die Berliner Verhältnisse zutreffende Ratschläge. — Herr Volkmann empfahl für Sammlungszwecke die Pappkästen der Lederpappenfabrik in Pischwitz bei Limmeritz in Sachsen (vgl. d. Ztschr. *XX 108*).

Sitzung am 7. Dezember 1906. Herr Heyne besprach ein im Jahre 1745 erschienenes Buch: „Winkler, Die Eigenschaften der elektrischen Materie etc.“ *Schk.*

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

Adolph Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik. I. Bd. 6. Auflage von A. Wüllner und A. Hagenbach. 1058 S. B. G. Teubner, 1907. M 16,—. — **Müller-Pouillet,** Lehrbuch der Physik und Meteorologie. 10. umgearbeit. u. vermehrte Aufl. von L. Pfaundler. III. Bd., 4. Buch: Wärmelehre, chemische Physik usw. 923 S. Friedrich Vieweg & Sohn, 1907. M 16,—; gebunden M 18,—. — **Anton Lampa,** Lehrbuch der Physik zum Gebrauch für Studierende. 565 S. Wien, Wilh. Braumüller, 1908. M 10,— (Kr 12,—). — **R. Ruer,** Metallographie in elementarer Darstellung. 305 S. Hamburg, Leopold Voß, 1907. M 10,—; geb. M 11,50. — **M. Abraham** und **A. Föppl,** Theorie der Elektrizität. I. Einführung in die Maxwellsche Theorie der Elektrizität. 3. vollst. umgearb. Aufl. 460 S. B. G Teubner, 1907. Geb. M 12,—. — **E. A. Kielhauser,** Die Stimmgabel, ihre Schwingungsgesetze und Anwendungen in der Physik. 188 S. B. G. Teubner, 1907. Geb. M 6,—. — **M. v. Rohr,**

Die binokularen Instrumente. 223 S. Berlin, Julius Springer, 1907. M 6,—. **Johs. J. C. Müller,** Wärmelehre. 194 S. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1907. M 4,—; geb. M 4,80. — **J. Heussi,** Lehrbuch der Physik für Gymnasien, Realgymnasien usw. 7. Aufl., vollst. neu bearbeitet von E. Götting. 475 S. Berlin, Otto Salle, 1907. Ungeb. M 5,—. — **A. Kadesch,** Leitfaden der Physik, Unterstufe. 166 S. Wiesbaden, J. F. Bergmann, 1907. Geb. M 1,80. — **O. Hartmann,** Astronomische Erdkunde. 2. umgearb. Aufl. Stuttgart, Fr. Grub. 74 S. Geb. M 1,20. — **G. Tammann,** Über die Beziehungen zwischen den inneren Kräften und den Eigenschaften der Lösungen. Ein Beitrag zur Theorie homogener Systeme. 184 S. Hamburg, Leopold Voß, 1907. M 9,—. — **C. Friedr. Plattner,** Probierkunst mit dem Lötrohre. Bearb. von F. Kolbeck. 7. Aufl. 515 S. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. M 11,—; geb. M 12,—. — **L. Mamlock,** Stereochemie. 152 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1907. Geb. M 5,—. — **R. Lüpke,** Grundzüge der Elektrochemie auf experimenteller Basis. 5. neu bearb. Aufl. von E. Bose. 271 S. Berlin, Julius Springer, 1907. Geb. M 6,—. — **Lassar-Cohn,** Einführung in die Chemie in leichtfaßlicher Form. 301 S. Hamburg, Leopold Voß, 1907. M 3,—; geb. M 4,—. — **A. Schlickum,** Lehrbuch der Chemie und Mineralogie nebst Elementen der Geologie. 267 S. Essen, G. D. Bädeker, 1907. Geb. M 3,—. — **W. Levin,** Methodisches Lehrbuch der Chemie und Mineralogie. Teil III: Organische Chemie. 120 S. Berlin, Otto Salle, 1907. — **R. Arendt,** Leitfaden für den Unterricht in der Chemie und Mineralogie. 10. Aufl., bearb. von L. Doermer. 140 S. Hamburg, Leopold Voß. M 1,60. — **K. Stockhausen,** Der eingeschlossene Lichtbogen bei Gleichstrom. Leipzig, J. A. Barth, 1907. 210 S. M 6,—; geb. M 7,—. — **O. Arendt,** Die elektrische Wellentelegraphie (Telegraphen- und Fernsprechtechnik in Einzeldarstellungen, Heft 2). Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1907. 169 S. Geh. M 6,—; geb. M 7,—. — **H. Kyser,** Die elektrischen Bahnen und ihre Betriebsmittel. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1907. (Elektrotechnik in Einzeldarstellungen, Heft 9.) 153 S. Geh. M 5,50; geb. M 6,—. — Hilfsbuch für die Elektrotechnik. 7. Aufl., herausgegeb. von K. Strecker. Berlin, J. Springer, 1907. 966 u. 57 S. In Leinw. geb. M 14,—. — **Johs. J. C. Müller,** Lehrbuch der Elektrotechnik mit besonderer Berücksichtigung der elektrischen Anlagen auf Schiffen. 2. Aufl. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1907. 442 S. Geh. M 6,40; geb. M 7,—. — Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie. Herausgegeb. von G. Eichhorn-Zürich. Band 1, Heft 1. Leipzig, S. Hirzel, 1907. 184 S. Jährlich 1 Bd. in 4 Heften. M 20,—. — **H. Hausrath,** Die Untersuchung elektrischer Systeme auf Grundlage der Superpositionsprinzipien. 126 S. Berlin, Julius Springer, 1907. M 3,—. — **H. Niebuhr,** Experimentaluntersuchungen über die Selbstinduktion in Nuten gebetteter Spulen bei hoher Frequenz. 59 S. Berlin, Julius Springer, 1907. M 1,60. — **F. zur Nedden,** Das praktische Jahr des Maschinenbauvolontärs. 234 S. Berlin, Julius Springer, 1907. M 4,—; geb. M 5,— —. **R. Namias,** Theoretisch-praktisches Handbuch der photographischen Chemie. I. Band. Nach der 3. italien. Auflage übersetzt von A. Valerio und C. Stürenberg. 406 S. Halle a. S., W. Knapp. M 8,—. — **H. Müller** und **P. Gebhardt,** Die Mißerfolge in der Photographie usw. (Enzykl. d. Phot., Heft 9.) II. Teil. 3. verb. u. verm. Aufl. 120 S. Halle a. S., Wilhelm Knapp. M 2,—. — **Lippo-Cramer,** Photographische Probleme. (Enzykl. d. Phot, Heft 58.) 220 S. Halle a. S., Wilhelm Knapp, 1907. M 7,50. — **K. Knauthe,** Das Süßwasser. Chemische, biologische und bakteriologische Untersuchungsmethoden usw. 663 S. Neudamm, J. Neumann. M 18,—; geb. M 20,—. — **A. Dippe,** Naturphilosophie. Kritische Einführung in die modernen Lehren über Kosmos und Menschheit. 417 S. München, C. H. Beck, 1907. Geb. M 5,—. — **Bastian Schmid,** Der naturwissenschaftliche Unterricht und die wissenschaftliche Ausbildung der Lehramtskandidaten usw. 352 S. B. G. Teubner, 1907. — **Hans Schmidkunz,** Einleitung in die akademische Pädagogik. 206 S. Halle a. S., Buchhandlung des Waisenhauses. M 3,—.

Sonderabdrücke: Die Phasenverschiebung durch Reflexion an den Jaminschen Platten, von E. Mach. S.-A. Sitzungsber. Wiener Akad. Math.-naturw. Kl. Bd. 116, IIa. Mai 1907. — Zur Erklärung der Thomsonschen optischen Täuschung, von H. J. Reiff. S.-A. Archiv f. ges. Physiol. 119, 1907. — Trajettorie e onde luminose in un mezzo isotropo qualunque; Traj. e onde lum. in un particolare mezzo isotropo e non omogeneo, Note di A. Garbasso. S.-A. Rendic. Acc. d. Lincei, 1907. — Sulla Riproduzione sperimentale del miraggio, ricerche di L. Rolla. S.-A. Acc. reale di Torino, 1907. — Kolloidstudien mit der Filtrationsmethode, von H. Bechhold. S.-A. Zeitschr. phys. Chem. 1907. — Die Gallertfiltration, von H. Bechhold. S.-A. Zeitschr. f. Chem. u. Ind. der Kolloide, 1907. — Optische Eigenschaften und Elektronentheorie, von H. Erfle. Inaug.-Dissert. München 1907. — Physik an höheren Schulen, von H. Keferstein. S.-A. W. Reins Enzykl. Handb. d. Pädag. — Das Laboratorium in der Schule, von K. T. Fischer. S.-A. Der Säemann III, 7/8, 1907. — Neue Apparate zur Bestimmung der spezifischen Gewichte, von H. Rebenstorff. S.-A. Abh. d. Gesellsch. Isis zu Dresden, 1907.

Himmelserscheinungen im Dezember 1907 und Januar 1908.

☿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

		Dezember						Januar					
		5	10	15	20	25	30	4	9	14	19	24	29
☿	AR	$15^h\,22^m$	15.49	16.18	16.49	17.22	17.55	18.30	19. 5	19.40	20.16	20.52	21.26
	D	-16^0	-19^0	-21^0	-22^0	-24^0	-24^0	-25^0	-24^0	-23^0	-22^0	-20^0	-17^0
♀	AR	$18^h\,12^m$	18.39	19. 7	19.34	20. 0	20.27	20.52	21.17	21.42	22. 6	22.29	22.52
	D	-25	-24	-24	-23	-22	-21	-19	-18	-16	-13	-11	-9
☉	AR	$16^h\,43^m$	17. 5	17.27	17.49	18.11	18.33	18.55	19.17	19.39	20. 1	20.22	20.42
	D	-22	-23	-23	-23	-23	-23	-23	-22	-21	-21	-19	-18
♂	AR	$22^h\,27^m$	22.39	22.52	23. 5	23.18	23.31	23.43	23.56	0. 9	0.22	0.34	0.47
	D	-11	-10	-8	-7	-5	-4	-2	-1	$+1$	$+2$	$+4$	$+5$
♃	AR	$9^h\,5^m$		9. 4		9. 1		8.58		8.53		8.48	
	D	$+17$		$+17$		$+18$		$+18$		$+18$		$+19$	
♄	AR	$23^h\,30^m$						23.34					
	D	-6						-5					
☉	Aufg.	$7^h\,55^m$	8. 1	8. 6	8.10	8.12	8.14	8.13	8.11	8. 8	8. 3	7.58	7.51
	Unterg.	$15^h\,46^m$	15.44	15.44	15.44	15.47	15.51	15.56	16. 3	16.10	16.18	16.27	16.36
☾	Aufg.	$7^h\,33^m$	12.18	14. 3	16.32	21.35	2.20	8.45	11.32	13.18	17.13	22.51	3.53
	Unterg.	$16^h\,6^m$	21 46	2.54	8.31	11.30	13. 4	16.39	23.28	4.18	8.41	10.32	12.28
Sternzeit im mittl. Mittg.		$16^h\,52^m\,24^s$	17.12. 7	17.31.49	17.51.32	18.11.15	18.30.58	18.50.40	19.10.23	19.30. 6	19.49.49	20. 9.32	20.29.14
Zeitgl.		$-\ 9^m\,41^s$	$-\ 7.32$	$-\ 5.13$	$-\ 2.46$	$-\ 0.17$	$+\ 2.11$	$+\ 4.34$	$+\ 6.48$	$+\ 8.48$	$+10.32$	$+11\,58$	$+13.\ 5$

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Dez. 5, $11^h\,22^m$	Dez. 12, $3^h\,16^m$	Dez. 19, $18^h\,55^m$	Dez. 28, $0^h\,11^m$
	Jan. 3, $22^h\,43^m$	Jan. 10, $14^h\,53^m$	Jan. 18, $14^h\,37^m$	Jan. 26, $16^h\,1^m$

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Dezember	anfangs morgens etwa 1 Stunde lang sichtbar, gegen Ende des Monats wieder unsichtbar	$^1/_2$ bis $1^1/_2$ Std. lang als Abendstern sichtbar	$5^1/_2$ Stunden lang abends in den Fischen sichtbar	bis $12^1/_4$ Std. lang vor Tagesanbruch im Krebs sichtbar	abends nur noch 7 bis $5^1/_4$ Stunden lang in den Fischen sichtbar
im Januar	unsichtbar	die Sichtbarkeitsdauer steigt auf $2^1/_2$ Stunden	wie im Dezember	die ganze Nacht hindurch sichtbar. Opposition am 29.	zuletzt nur noch 3 Stunden lang sichtbar

Phänomene der Jupitermonde in M.E.Z.																		
Dez.	2,	23^h	14^m	50^s	I E	Dez.	26,	0^h	37^m	16^s	IV E	Jan.	17,	23^h	32^m	45^s	I E
	4,	23	18	50	II E	Jan.	4,	22	58	50	II E		26,	19	55	21	I E
	25,	23	23	11	I E		10,	21	38	52	I E		30,	22	54	39	II A

Sternbedeckungen für Berlin.

	Stern	Eintritt	Q	Austritt	Q
Dez. 26	ν Virginis	$22^h\,38^m,1$ M.E.Z.	77^0	$23^h\,27^m,1$ M.E.Z.	321^0
Jan. 17	δ Gemin.	17 7 4	33	17 42 4	319

Veränderliche Sterne (M.E.Z.):

Dez. 3	21^h	η Aquilae-Max.	Dez. 15	$22^h\,27^m$	λ Tauri-Min.	Dez. 30	18^h	ζ Gemin.-Max.
4		R Lyrae-Min.	19	21 20	λ Tauri-Min.	30	$23\ 16^m$	Algol-Min.
10	$21\ 33^m$	Algol-Min.	23	20 12	λ Tauri-Min.	31	17 56	λ Tauri-Min.
11	23 35	λ Tauri-Min.	25	18	ζ Gemin.-Min.	Jan. 2	20 4	Algol-Min.
13	18 22	Algol-Min.	27		R Lyrae-Max.	5	16 53	Algol-Min.
15	20	η Aquilae-Min.	27	19 4	λ Tauri-Min.			

In Deutschland **unsichtbare, totale Sonnenfinsternis** in der Nacht vom 3. zum 4. Januar. Die Totalitätszone erstreckt sich von den Marschall-Inseln bis zu den Galapagos-Inseln.

Dr. F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.